

**COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE LA COMUNIDAD DE ALGAS
PERIFÍTICAS DEL RÍO CESAR ASOCIADO A VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS
E HIDROLÓGICAS DURANTE LOS MESES DE FEBRERO-SEPTIEMBRE DEL
AÑO 2011. CESAR, COLOMBIA**



**ANA CRISTINA DE LA PARRA GUERRA
KELLY JHOANA RODELO SOTO**

**UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
BARRANQUILLA
2012**

**COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE LA COMUNIDAD DE ALGAS
PERIFÍTICAS DEL RÍO CESAR ASOCIADO A VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS
E HIDROLÓGICAS DURANTE LOS MESES DE FEBRERO-SEPTIEMBRE DEL
AÑO 2011. CESAR, COLOMBIA**

**Ana Cristina De La Parra Guerra
Kelly Jhoana Rodelo Soto**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Biólogo

**MSc. LUIS CARLOS GUTIÉRREZ MORENO
Director**

**UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
BARRANQUILLA
2012**

Nota de aprobación

El trabajo de grado titulado: COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE LA COMUNIDAD DE ALGAS PERIFÍTICAS DEL RÍO CESAR ASOCIADO A VARIABLES FISICO-QUÍMICAS E HIDROLÓGICAS DURANTE LOS MESES DE FEBRERO-SEPTIEMBRE DEL AÑO 2011. CESAR, COLOMBIA presentado por las estudiantes como requisito parcial para optar al título de Biólogo, fue evaluado y calificado por los evaluadores como:

Director

Codirector

Secretario Académico

DEDICATORIA

A nuestro dios por darnos las bendiciones y oportunidades para desarrollarnos como personas en este mundo. A nuestras familias por ser el eje fundamental en nuestra vida, por ser ese apoyo incondicional y ser ese motor que te impulsa a no desmayar y seguir adelante haciéndole frente a los diferentes obstáculos y situaciones que se presentan en cada una de la etapas de nuestra vida en las cuales buscamos alcanzar nuestros propios objetivos como persona y como profesional.

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que de manera significativa, nos apoyaron y ayudaron en el desarrollo de esta investigación, al cuerpo de docentes de la Universidad del Atlántico por colaborarnos en sus conocimientos respectivos al tema de trabajo, al museo donde nos colaboraron con el espacio de trabajo allí se hizo posible la identificación de las muestras tomadas durante el avance del trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

Página

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN

2. ANTECEDENTES

3. JUSTIFICACIÓN

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Definición de Algas perifíticas

4.2 Variables hidrológicas e hidráulicas y su influencia sobre las comunidades de algas perifíticas

4.3 Variables fisicoquímicas y su relación con las algas perifíticas

4.4 Los nutrientes y su relación con las comunidades de algas perifíticas

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

5.2 Objetivos específicos

6. ÁREA DE ESTUDIO

7. METODOLOGÍA

7.1 Fase de campo

7.1.1 Muestreo de parámetros fisicoquímicos e hidrológicos

7.1.2 Toma de muestras biológicas

7.2 Fase de laboratorio

8. RESULTADOS

8.1 Caracterización de las estaciones de muestreo a partir de variables físicas y químicas

8.1.2 Variables físico-químicas

8.1.2.1 Temperatura

8.1.2.2 Oxígeno disuelto

8.1.2.3 Ph

8.1.2.4 Conductividad

8.1.2.5 Sólidos suspendidos totales (SST)

8.1.2.6 Turbidez

8.1.3 Nutrientes

8.1.3.1 Nitratos (NO_3)

8.1.3.2 Nitritos (NO_2)

8.1.3.3 Fosfatos (PO_4)

8.1.4 Variable biológica

8.1.4.1 Abundancia y diversidad

9. DISCUSIÓN

10. BIBLIOGRAFÍA

11. ANEXOS

LISTADO DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Estaciones general de muestreo, especificadas para las cuencas media y baja del río Cesar. 2011	
Tabla 2. Nutrientes, variables fisicoquímicas e hidrológicas medidas en cada una de las estaciones de muestreo.	
Tabla 3. Escala de valores y calificaciones del indicador de calidad de aguas ICA (izq., 3a). Escala de valores y calificaciones del índice de la calidad simplificada del agua ISQA (der, 3b).	
Tabla 4. Variables físicas, químicas e hidrológicas en las, estaciones y meses de muestreo.	
Tabla 5. Promedios de los Índices de calidad de aguas calculado para las estaciones de muestreo durante los cinco muestreos (ISQA) & (ICA).	

LISTADO DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Mapa del Departamento del Cesar, representando el curso del río del mismo nombre y las estaciones de muestreo.	
Figura 2. Recolección de las variables biológicas.	
Figura 3. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables hidrológicas y fisicoquímicas	
Figura 4. Caudales para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo	
Figura 5. Temperatura para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo	
Figura 6. Oxígeno disuelto para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo	
Figura 7. Valores de pH para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo	
Figura 8. Valores de conductividad para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo	
Figura 9. Valores de Solidos Suspendidos Totales (SST) para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo	
Figura 10. Valores de Turbidez para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo	
Figura 11. Valores de DBO ₅ para las estaciones de muestreos con respecto a los meses de muestreo	
Figura 12. Concentración de Nitratos en las estaciones y épocas de muestreo	
Figura 13. Concentración de Nitritos en las estaciones y épocas de muestreo	
Figura 14. Concentración de Fosfatos en las estaciones y épocas de muestreo	
Figura 15. Representación de los grupos taxonómicos. a: Porcentaje de	

Riqueza; b: Porcentaje de Abundancia.

Figura 16. Número de especies identificadas por grupo taxonómico en cada estación y mes de muestreo

Figura 17. Densidad (células/cm²) en de los grupos de algas perifíticas identificados en las estaciones de muestras.

Figura 18. Índices de Dominancia (D), Diversidad (H'), Equidad (J) de las estaciones con respecto a los meses de muestreo.

Figura 19. Representación gráfica del análisis descriptivo multivariado no paramétrico de Clasificación Cuantitativa (CLUSTER) para las estaciones y meses de muestreo.

Figura 20. Representación gráfica del análisis descriptivo multivariado no paramétrico de Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMDS). Valor del estrés: 0,14.

Figura 21. Diferencias entre estaciones, por la calidad del agua en el río Cesar y algunos de sus afluentes.

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. Listado de especies con sus respectivas densidades en cada estación y mes de muestreo.

ANEXO 2. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para caudal con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones.

ANEXO 3. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para temperatura con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones.

ANEXO 4. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para oxígeno disuelto con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

ANEXO 5. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para saturación de oxígeno con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

ANEXO 6. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para pH oxígeno con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

ANEXO 7. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para conductividad con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

ANEXO 8. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para SST con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

ANEXO 9. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para turbidez con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

ANEXO 10. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para DBO₅ con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

ANEXO 11. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para nitratos con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

ANEXO 12. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para nitritos con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

ANEXO 13. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para fosfatos con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

RESUMEN

Las algas perifíticas una de las comunidades mas importantes presente en los sistemas acuáticos, que se desarrollan sobre superficies solidas sumergidas. Las características hidrológicas, físicas y químicas, así como los disturbios y la heterogeneidad espacial y temporal en los ríos, definen la distribución, la dispersión, la colonización y la respuesta de estos organismos al medio. El presente trabajo pretendió caracterizar la composición y abundancia de las algas perifíticas de la cuenca media y baja del Rio César y asociarlo a las variables físico-químicas e hidrológicas. Se establecieron ocho estaciones de muestreo ubicadas en el recorrido del Rio Cesar, representando el curso de este en su cuenca media y baja hasta su desembocadura en la Ciénaga de Zapatosa. Los muestreos se realizaron en los meses de febrero-abril y junio-septiembre. Las muestras se recolectaron de sustratos naturales (rocas, hojas y madera) haciendo un raspado de 100 cm². Para la caracterización de las épocas y estaciones de muestreo se realizó Análisis de Componentes Principales (ACP), el patrón de distribución de las especies en el tiempo y espacio se realizó a través del análisis Inverso de Kaandorp, las tendencias de asociación de las estaciones se obtuvo mediante un análisis de clasificación cuantitativa (CLUSTER) basado en la matriz de similitud de Bray-Curtis y para estimar la relación entre la composición y abundancia relativa del perifíton y las condiciones físico-químicas e hidrológicas del agua de la cuenca media y baja se realizó un análisis de Correlación de Spearman. Se determinaron 114 morfoespecies de algas perifíticas de las cuales Bacillariophyceae (diatomeas) fue la clase que presentó el 51,3% (59 especies) del total de las especies algales, seguido por Cyanophyceae con el 20% (23 especies), Chlorophyceae y Charophyceae con el 11,3% (13 especies) cada una y Euglenophyceae (7 especies). El máximo valor se registró en la estación Puente Salguero en el mes de junio, *Merismopedia* sp registró los valores máximos de densidad para esta estación (88,5 Cel.cm-1), seguido de la morfoespecie *Oscillatoria* sp 1 con una densidad de 58,5 Cel.cm-1. Los valores mínimos de abundancia se registraron en el mes de abril en la estación Puente Salguero, *Nitzschia dissipata* fue la especie con mayor densidad para esta estación con 2,5 Cel.cm-1. La diversidad presentó diferencias significativas entre los meses ($p=0,0078$). Entre los géneros con mayor número de especies se encuentra *Navicula* y *Nitzschia* (9 especies cada género), *Cosmarium* (7 especies) y *Pinnularia*, *Oscillatoria* y *Fragilaria* (6 especies cada género). La densidad total se correlacionó de manera positiva con el pH, conductividad y negativamente con los nitritos. El Índice de calidad ambiental (ICA) indicó una mala calidad ambiental para la mayoría de estaciones de muestreo a excepción de la estación Rio Badillo.

ABSTRACT

The periphytic algae are one of the more important communities present on the aquatic systems that developed on the solid submerged surface. The hydrological, physical and chemical characteristics, as the riots and the spatial and temporal heterogeneity of the rivers, which define the distribution, dispersion, colonization and the answer of these organism to the medium. The present work pretended to characterize the composition and the abundance of periphytic algae in the middle and lower basin of Cesar river and associated to the physic-chemical and hydrological variables. There were established eight sampling stations located at the path of Cesar river, representing the route of these in the middle and lower basin to its mouth in the Zapatosa swamp. Sampling was made in the months of February-April and June-September. The samples were recollected from natural substrates (rocks, leaves and wooden) making a scraping of 100 cm². For the characterization of the era and seasons of the sampling it was made an Analysis of the Principal Components (ACP), the distribution guide for the species in time and space was made through the Inverse Analysis of Kaandorp, the association tendencies of the seasons were obtain through a quantitative analysis classification (CLUSTER) based on the Bray-Curtis matrix of similarity and estimated the relation between the composition and the relative abundance of the periphyton and physic-chemical and hydrological conditions of the water in the middle and lower basin it was realized the Spearman correlation analysis. There were determined 114 morphospecies of periphytic algae`s from which Bacillariophyceae (diatoms) were the class that present 51, 3% (59 species) of the total of algae`s species follow by Cyanophyceae with a 20% (23 species), Chlorophyceae and Charophyceae with 11, 3% (13 species) each one and Euglenophyceae (7 species). The maximum value inspected on the month of June in the station of Puente Salguero, *Merismopedia* sp inspected the maximum values of density for this station (88,5 Cel.cm-1), follow by the morphospecie *Oscillatoria* sp 1 with a density of 58,5 Cel.cm-1. The minimum values of abundance inspected were on the month of April at the station of Puente Salguero, *Nitzschia dissipata* was the specie with more

density for this station with 2,5 Cel.cm⁻¹. The diversity presented significant differences between the months ($p= 0, 0078$). Between the genres with a higher number of species are *Navicula* y *Nitzschia* (9 species each genre), *Cosmarium* (7 species) y *Pinnularia*, *Oscillatoria* y *Fragilaria* (6 species each genre). The total density is correlated in a positive way with the pH, the conductivity and negative with the nitrites. The environmental quality index (ICA) indicated a poor environmental quality for most of the sampling stations excepting Rio Badillo Station.

1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas lóticos, el mundo físico está gobernado principalmente por el movimiento del agua; tanto que los patrones y los procesos lóticos están casi siempre en función del flujo de la corriente, el cual le ha dado forma a casi todas las características de estos sistemas incluyendo la morfología, las tasas de transferencia de energía, los ciclos de la materia y nutrientes, además de los regímenes de perturbación (Hauer & Lamberti, 1996) que son determinantes en la dinámica de la estructura de la comunidad, es decir, la distribución de los organismos en espacio y tiempo (Peterson & Stevenson, 1992); esto se debe a que las comunidades no son entidades estáticas y cambian tanto estructural como fisiológicamente durante una sucesión.

La estructura y organización de las comunidades que integran un ecosistema dirigen la dinámica funcional del mismo. La importancia de cada una de ellas vendrá dada, en parte por sus aportes a los procesos fundamentales como producción primaria total del ecosistema, (Cruz & Salazar, 1989). Las corrientes fuertes genera el desplazamiento de autótrofos del perifiton, lo que determina, que en la columna de agua, las algas se encuentran mezcladas con el ensamblaje fitoplanctónico originado en las aguas tranquilas, (Gari & Corigliano, 2004). Las características hidrológicas, físicas y químicas, así como los disturbios y la heterogeneidad espacial y temporal en los ríos, definen la distribución, la dispersión, la colonización y la respuesta de los organismos al medio (Martínez & Donato, 2003). Hay factores que gobiernan los procesos físicos y morfológicos de los ríos, dentro de los factores morfológicos están el clima local, la naturaleza de la vegetación riparia, el uso de la tierra en su área de influencia y la intervención directa del hombre por extracción de materiales y modificación del curso, (Roldán & Ramírez, 2008). Los principales factores que controlan la dinámica de las algas perifíticas son la luz, la composición química del agua, herbívoros, temperatura, velocidad de la corriente y tipo de sustrato; como todos estos factores interactúan entre sí es difícil afirmar cual es el factor que limita el crecimiento de las algas

(Allan, 1995). Las algas perifíticas se desarrollan mejor en sustratos que le ofrezcan estabilidad y donde la acción de las corrientes sea mínima. Incluso, en algunos casos, el tipo de sustrato, más que la intensidad lumínica o nutrientes, es el factor limitante en la producción de esta comunidad (Roldán & Ramírez, 2008). Sin embargo, algunos autores afirman que los cuatro factores primordiales que limitan la productividad son la luz, agua, temperatura y nutrientes (Hynes, 1970).

El perifiton es una de las comunidades mas importantes presente en los sistemas acuáticos, esta constituido por grupos de microorganismos (algas, hongos, bacterias y protozoos) que se desarrollan sobre superficies solidas sumergidas tales como rocas, sedimento, material vegetal, arenas, hojas y macrófitas (Wetzel, 1983); (Romaní, 2001), limitando nuestro trabajo a un componente principal de estas comunidades como lo son las algas perifíticas. Este desempeña un papel fundamental en la dinámica de los ríos al igual que en otros ecosistemas acuáticos, dentro de esta dinámica se destaca: La productividad primaria del sistema, alta tasa de reciclaje de nutrientes, por esto recientemente son utilizados como indicadores de la calidad del agua ya que al vivir pegados al sustrato, reflejan los cambios ocurridos por alteraciones físicas, químicas y biológicas, (Pérez, *et al.*, 2007), si por el contrario, hay un gran número de perturbaciones físicas, como incremento de la velocidad del agua y arrastre de sedimento, el perifiton tendría poco desarrollo (Stevenson, *et al.*, 1996). La importancia relativa de las algas perifíticas en cada ambiente puede establecerse en parte por el desarrollo de su biomasa que será favorecida por alta incidencia de radiación solar y las altas concentraciones de nutrientes (Guasch, *et al.*, 1995). Las algas perifíticas en los sistemas lóticos se distribuye a través de un gradiente altitudinal; en zonas altas (cabecera) las algas perifíticas no son tan abundantes y la producción primaria (PP) se da principalmente por la vegetación riparia, y la respiración supera a la producción. En zonas medias la PP está dada por las algas perifíticas y la producción iguala a la respiración. Y en las zonas bajas de los ríos la vegetación predominante son las macrófitas y las algas perifíticas que se encuentra en forma de epifiton (Allan & Castillo, 2007).

Considerando los postulados expuestos, es importante explorar para los ríos que constituyen las diferentes cuencas de las Sierra Nevadas de Santa Marta, cual es la composición y variación en la abundancia de las poblaciones de las diferentes especies que conforman la comunidad de algas perifíticas, en la medida en que la productividad del sistema y del potencial piscícola de los ríos estaría asociado a la estructura y distribución de las algas perifíticas. Por lo tanto la pregunta de investigación del presente estudio fue si la Composición, Abundancia y Distribución Espacial de las Algas perifíticas están Determinadas por los factores Físicos y Químicos del agua y las características Hidrológicas del Rio Cesar.

2. ANTECEDENTES

Las características físicas, químicas e hidrológicas, así como los disturbios y la heterogeneidad espacial y dinámica temporal en los ríos son algunos de los factores que definen la distribución, dispersión, colonización y respuesta de los organismos al medio (Martínez & Donato, 2003). En este sentido, las comunidades de algas perifíticas responden a cambios en la física y química del agua. Para observar la respuesta a estos disturbios se han realizado estudios acerca de la influencia de estas variables en el comportamiento del perifíton (Pizarro & Alemanni 2005); (Giorgio & Feijoó, 2010). El caudal también se ha relacionado con los niveles de nutrientes y los sedimentos suspendidos con la biomasa y la composición del perifíton en condiciones de laboratorio (Horner *et al.*, 2006), donde se encontró que las diatomeas fueron favorecidas a velocidades relativamente altas y concentraciones de fósforos baja, mientras que las algas verdes-azules tendieron a predominar en concentraciones de fosforo reactivo soluble (PRS) altas. Los experimentos demostraron que el aumento en la velocidad incrementa las tasas de mortalidad reduciendo la biomasa.

En Colombia los estudios de las algas perifíticas se han encaminado a la caracterización y a la colonización de los ecosistemas lóticos y lénticos. Tal es el trabajo de (Martínez & Donato, 2003) quienes analizaron el efecto del caudal sobre la colonización del perifíton estimando la densidad y diversidad de células donde el mayor componente son las algas. Se encontró que el caudal al estar relacionado con las precipitaciones ejerce una gran influencia en la colonización de las algas, donde la diversidad fue mayor en condiciones de flujos medios y lluvias esporádicas mientras que la densidad fue máxima cuando los valores de flujo fueron mínimos. (Rondón & Donato, 2008) establecieron el efecto de las variaciones hidrológicas y químicas sobre la estructura de la comunidad de diatomeas en el río Tota. Observaron que durante los períodos de caudales altos dominaron algas con formas aplanadas (oblicuas y ovoides) y durante los periodos

de caudales bajos, algas alargadas, centrales y naviculiformes. Los meses que tuvieron mayor diversidad, dominancia y riqueza se relacionaron con una mayor variabilidad hidrológica.

Para la región Caribe se destacan de (Báez & Hernández, 2001) con respecto a la colonización de perifiton en la Ciénaga de Pajalar con el propósito de monitorear los cambios ambientales generados por la entrada de agua dulce por el caño Aguas Negras. Para el río Cesar se tiene reportado un estudio de calidad ambiental a partir de macroinvertebrados (Angulo & Rengifo, 2003), además, un estudio de identificación de cianobacterias potencialmente productoras de cianotoxinas en la estación de la curva de Salguero que se encuentra cerca de las lagunas de oxidación que llevan el mismo nombre y que desembocan al Río, (Rivera & Gómez, 2010). Por otra parte encontramos un trabajo realizado por (Nuñez, J. & Villero, J.) en el cual se hizo un diagnóstico de la calidad del agua en el sistema de lagunas de estabilización “el tarullal” de la ciudad de Valledupar, al igual que su fuente receptora río Guatapuri utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, aquí se encontró de que en el río donde se vierten las aguas provenientes de la star presentan un grado de contaminación lo cual provoca una desaparición de especies de algas sensibles, apareciendo especies de algas características de este tipo de aguas, además, que las aguas del río no están siendo seriamente impactadas en el tramo aguas abajo después del vertimiento debido a su alto grado de autodepuración.

3. JUSTIFICACION

Las algas bentónicas son los productores primarios dominantes de los ecosistemas de ríos de montaña y son la principal fuente de energía que direcciona la producción en los niveles tróficos más altos (Allan, 1995; Biggs & Smith, 2002). Sin embargo, los estudios realizados sobre las variaciones de estas comunidades y los mecanismos que las controlan en las zonas tropicales y particularmente en los pequeños ríos de montaña son escasos (Zapata & Donato, 2008). El río Cesar es un recurso fundamental del departamento del Cesar, proveedor de varios servicios ambientales (agua potable, pesca artesanal, agua para riego, agua para la industria y receptor de aguas residuales domésticas, de la agricultura, de las actividades mineras), por lo que es necesario hacer una caracterización de la contaminación orgánica de las aguas.

Existe una amplia utilidad de los indicadores biológicos como elemento en el monitoreo de los recursos hidrobiológicos. El monitoreo de un fenómeno dinámico incrementa la precisión de la evaluación y pueden ser interpretada con mayor exactitud la intensidad y magnitud de los alcances de las perturbaciones. El uso particular del perifíton en este estudio, dentro de esta amplia gama de bioindicadores de la calidad ambiental y del estado trófico del agua del río, representa una importancia en el uso del río Cesar como proveedor de alimento a través de la pesca, debido a que un cambio en el perifíton puede determinar efectos directos a la población aledaña, en la medida en que un grupo representativo de ella desarrollan como actividad económica de sustento la pesca artesanal, por lo que este estudio servirá como base para muchas investigaciones en el ámbito taxonómico, ecológico y de bioindicación.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 Algas perifíticas:

En las comunidades acuáticas asociadas a los sustratos que se encuentran sumergidos y a la vez expuestos a la luz son colonizados por diferentes tipos de organismos como bacterias, hongos, protozoos fitoplancton y zooplancton, organismos bentónicos. Estos organismos crecen adheridos al sustrato son llamados perifíticos o perifíton (Hutchinson, 1975).

Las algas son organismos muy heterogéneos que comparten una característica común que es la clorofila a, dicha heterogeneidad se manifiesta en su diversidad morfológica, la variedad de sus colores y sus tamaños. Las algas, por lo general son capaces de indicar la calidad del agua gracias a su sensibilidad a los cambios del medio en que viven, por tanto se convierten en un referente del estado ecológico de cualquier sistema acuático Lujan (2000), estas juegan un importante rol benéfico en la naturaleza, ellas representan la productividad primaria de materia orgánica en ambientes acuáticos debido a sus actividades fotosintéticas. Su desaparición significaría la ausencia de la primera fuente de alimento y energía para los animales acuáticos. Una de las señales de su gran diversidad es el hecho de estar ubicadas en tres reinos (Mónera, Protista y Plantae) o en dos según Margulis y Schwartz (Protoctista y Plantae). Por esto la definición de grupo es complicada y varía según los diferentes autores (Achà, et al., 1999).

Para el hombre las algas representan una importancia económica, ciertas especies se utilizan como alimento, principalmente en Japón y Polinesia donde es un sustento tradicional. La especie más utilizada para estos fines es el alga roja *porphyra*, también se utiliza un alimento llamado “kombu”, derivado de algas pardas derivada de los géneros *Laminaria* y *Alaria*. Estas algas marinas suministran sales y vitaminas que aparentemente estimulan el apetito. En algunos

países europeos el ganado es alimentado por varios meses del año con este tipo de algas, sin resultar negativamente la calidad de la carne ni de la leche.

Las algas agarofitas, es decir con alto contenidos de coloides (ficocoloides), se emplean con fines curativos en afecciones estomacales y pulmonares, además es por este contenido de coloides que son usadas en la industria para la elaboración de productos tales como: pintura, imprentas, cosméticos, productos farmacéuticos y el más conocido que es el Agar o Agar- Agar, obtenido principalmente de las algas rojas *Gelidium* y *Gracilaria*. Las algas también representan una importancia científica entre los procesos biológicos, ya que se está experimentando obtener fuentes suplementarias de alimentos y combustibles con ellas, (Izco et al, 1997; Lee, 1999).

4.2 Variables hidrológicas e hidráulicas y su influencia sobre las comunidades de algas perifíticas

El caudal es el volumen de agua que se mueve de un punto a otro en una unidad y de tiempo, el cual está determinado por el clima, la vegetación, la geología y el terreno cambiando los patrones de flujo y las respuestas en el tiempo (Allan y Castillo, 2007). El régimen de caudales se caracteriza como un campo aleatorio de ciclos y fluctuaciones de diverso orden, y los componentes bióticos, físicos y los procesos metabólicos del ecosistema interactúan naturalmente para ajustarse a situaciones normales de disminución de caudal. Pero esta situación puede alterar severamente las comunidades acuáticas, causando la desaparición de muchos individuos de cada población, cambios en la fenología de la producción biótica o alteraciones significativas en las biocenosis incluyendo aquellas que comprometen ecosistemas terrestres (Allan y Castillo, 2007).

En los ríos se pueden encontrar alteraciones más o menos reguladas entre las áreas de altas velocidades y sustratos donde predomina la grava llamados *rápidos* y áreas profundas con menos velocidades y sustratos más finos llamados *lentos*.

Siendo la corriente además de ser uno de los factores que más afecta a los organismos en los ríos erosiona el sustrato determinando el tipo y la deposición de partículas, y por ende la naturaleza del sedimento.

4.3 Variables fisicoquímicas y su relación con las algas perifíticas

El pH está determinado por la concentración de iones de hidrogeno libres y esta influenciado por los procesos biológicos dentro del ecosistema (Roldan & Ramírez, 2008). El pH afecta procesos químicos y biológicos en el agua. La mayor parte de los organismos acuáticos prefieren un rango entre 6,5 y 8,5. pHs por fuera de este rango suele determinar disminución en la diversidad, debido al estrés generado en los organismos no adaptados. Bajos valores de pH también pueden hacer que sustancias tóxicas se movilicen o se hagan disponibles para los animales. (Goyenola, 2007). La mayoría de los factores que influyen en el valor del pH tienen origen en los minerales del suelo, materia orgánica, respiración de los organismos acuáticos, productos de la fotosíntesis de las plantas acuáticas, dióxido de carbono y otras sustancias que caen con las lluvias y en los desechos (aguas negras o servidas).

La conductividad es una variable que afecta también la comunidad de algas perifíticas, esta variable está relacionada en la mayoría de los casos, con el patrón de estratificación térmica de la columna de agua y con la duración de este periodo. En algunos casos el valor de la conductividad en el hipolimnio puede ser hasta seis veces mayor que en el epilimnio, lo cual hace un muestreo integrado de toda la columna de agua (Estévez, 1998). En los trópicos los valores de la conductividad están relacionados con la naturaleza geoquímica del terreno, su concentración varía principalmente en la época de lluvia, sequia y estado trófico, (Acosta, *et al.*, 2005).

La turbidez está relacionada con las partículas disueltas en el agua, estas partículas sólidas bloquean la luz solar y evitan que las plantas acuáticas

obtengan la luz solar que necesitan para la fotosíntesis. Las plantas producirán menos oxígeno y con ello bajarán los niveles de Oxígeno Disuelto (OD). Las plantas morirán más fácilmente y serán descompuestas por las bacterias en el agua, lo que reducirá los niveles de OD aún más, lo cual puede ser crítico para el sistema puesto que el oxígeno disuelto ya que su presencia y concentración definen el tipo de especies que ocurren de acuerdo con sus tolerancias y rangos de adaptación y por ende establecen toda la estructura y funcionamiento biótico de estos sistemas (Acosta, *et al.*, 2005).

Con respecto a la temperatura las distintas divisiones de algas se desarrollan dependiendo al rango de temperatura, por lo menos, las diatomeas crecen en rangos de 5°C a 20°C, las algas verdes y pardas entre 15°C y 30°C y las cianobacterias a 30°C (DeNicola, 1996). Los valores de DBO₅ es una medida de la concentración de oxígeno usada por los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable o materia orgánica carbonacea en condiciones aeróbicas en 5 días y a 20°C, (Roldan & Ramírez, 2008), también mide el estado trófico del ecosistema relacionados con los procesos de eutrofización y la acción antrópica, que ha acelerado este proceso introduciendo al sistema, fuertes aportes de materia orgánica a través de aguas domésticas, industriales y lixiviados de la actividad agropecuaria.

4.4 Los nutrientes y su relación con las comunidades de algas perifíticas

No todas las formas de nitrógeno y fósforo que se encuentran en la superficie del agua son disponibles para el crecimiento de las algas; solo el nitrógeno en forma de nitrato y amonio, que se encuentran en los sedimentos erosionados (NH_4^+) en la materia orgánica (N y NH_4^+) y las aguas de escorrentía (NH_3^-) constituyen la principal fuente de N en aguas continentales (Follett, 2001). Para el fósforo, los ortofosfatos (PO_4^+) es la única forma que puede ser asimilado por los autótrofos (Correrl, 1998). Estudios realizados en condiciones controladas han demostrado

que el fosforo es el limitante para el crecimiento de las algas (Stockner & Shortreed, 1978), mientras que otros han demostrado que el principal limitante es el nitrógeno (Francoeur, 2001). Aunque está dinámica es principalmente afectada por la velocidad de la corriente; el incremento en ésta reduce el grosor de la subcapa laminar pobre en nutrientes, esto hace que el gradiente de velocidad en la capa limitante aumenta su pendiente incrementando las tasas de difusión molecular y un consecuente crecimiento de las algas (Horner *et al.*, 1990).

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Evaluar la composición y abundancia de las algas perifíticas en la cuenca media y baja del Río César y asociarlo a las variables físico-químicas e hidrológicas, durante los meses de febrero-septiembre del 2011 (Departamento del Cesar-Colombia).

5.1.1 Objetivos Específicos

Determinar la composición de las algas perifíticas en la cuenca media y baja del Río Cesar

Caracterizar las condiciones físicas y químicas e hidrológicas de la cuenca media y baja del Río Cesar.

Determinar la variación espacial y temporal de la composición y abundancia de algas perifíticas a lo largo de la cuenca media y baja del Río Cesar.

Estimar la relación entre la composición y abundancia relativa de las algas perifíticas y las condiciones físico-químicas e hidrológicas del agua de la cuenca media y baja del río Cesar.

6. ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca hidrográfica del río Cesar, se encuentra situada al Sur del Departamento de La Guajira, y atraviesa todo el departamento del Cesar (Figura 1). Su principal afluente es el río que lleva su nombre del río Cesar, el cual nace en la Sierra Nevada de Santa Marta a una altura aproximada de 1800 m.s.n.m., en el departamento de La Guajira y recorre aproximadamente 380 kilómetros hasta su desembocadura en el río Magdalena. Cabe anotar que la Ciénaga de Zapatosa hace parte del cauce del río Cesar, siendo una depresión formada por procesos tectónicos (o de desplazamiento de la corteza terrestre). La pendiente media del cauce principal, en el departamento del Cesar es de 0,35%, y la extensión total de la cuenca incluidas las zonas de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá es de 12.500 Km² (18.000 Km² si se considerara la cuenca que drena hacia la Ciénaga de Zapatosa), CORPOCESAR, 2010

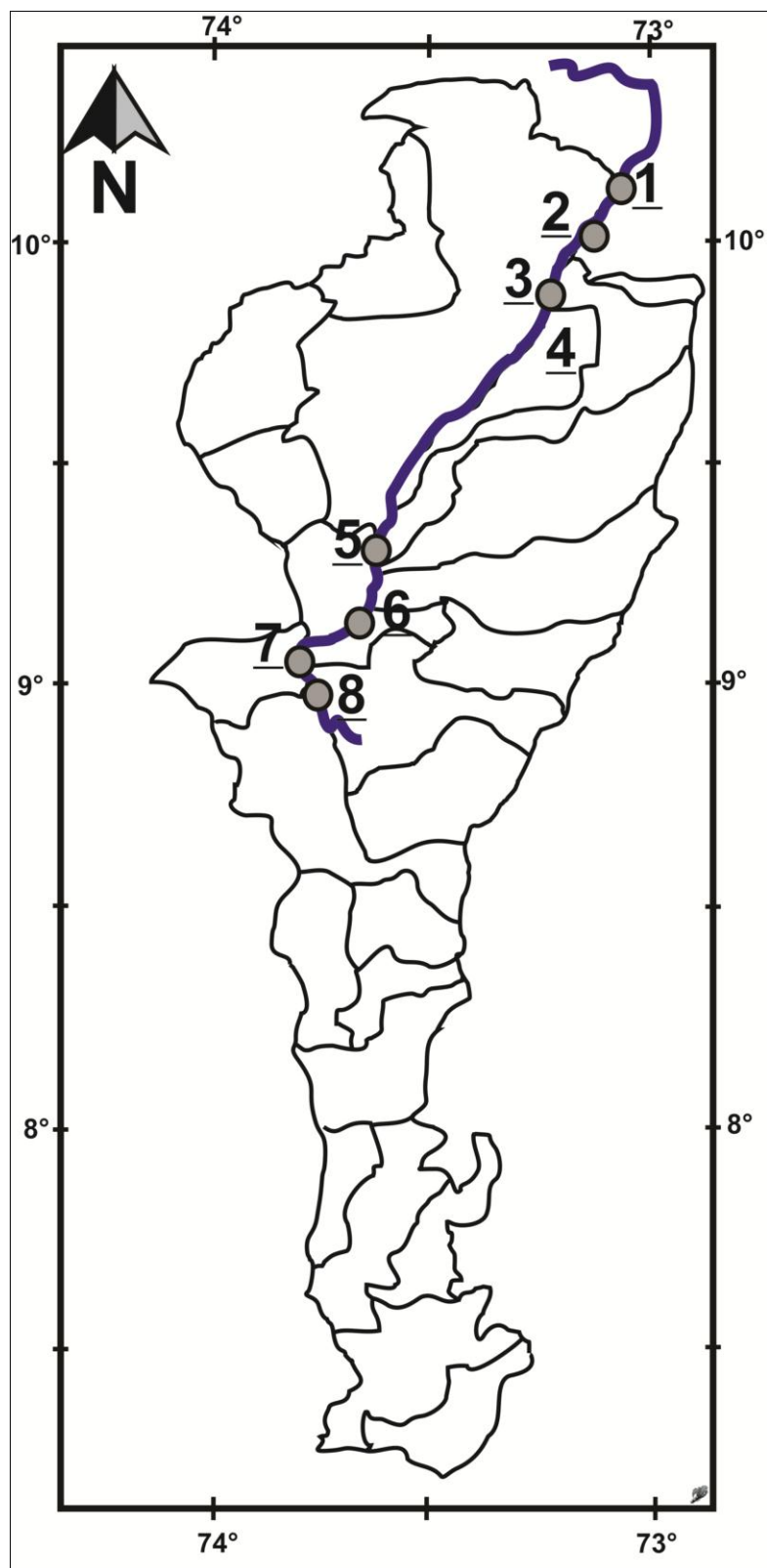


Figura 1. Mapa del Departamento del Cesar, representando el curso del río del mismo nombre y las estaciones de muestreo.

Las estaciones de muestreo se ubican en el recorrido del Río Cesar, representando el curso de este en su cuenca media y baja hasta su desembocadura en la Ciénaga de Zapatosa (ver Figura 1), se muestra de forma general una perspectiva de la ubicación de las estaciones; de las cuales 5 estaciones corresponden a la zona media del río (E1, E2, E3, E4, E5) y 3 estaciones de muestreo a la zona baja del mismo (E6, E7 y E8). En la Tabla 1 se referencian los lugares donde se ubicaron las estaciones de muestreo, las coordenadas geográficas.

Tabla 1. Estaciones de muestreo, en el estudio de algas perifíticas del río Cesar, se referencia los municipios donde se ubicaron y las coordenadas geográficas de cada una de las estaciones.

Estaciones de Muestreos			
Estaciones		Características	Coordenadas
Cuenca Media			
E1	Veracruz	San Juan del Cesar – Guajira	Lat 10° 38' 14,2" N : Lon 73° 04' 55,4" O
E2	Rio Badillo	Valledupar – Cesar	Lat 10° 31' 58,6" N : Lon 73° 08' 23,1" O
E3	Guacochito	Valledupar - Cesar	Lat 10° 32' 52,0"N : Lon 73° 0,7' 29,3"O
E4	Puente Salguero	Valledupar - Cesar	Lat 10° 26' 23,8"N : Lon 73° 12' 02,4"O
E5	Las Pitillas	San Diego – Cesar	Lat 10° 23' 05,4"N : Lon 73° 14' 01,7"O
Cuenca Baja			
E6	Puente Canoas	El Paso – Cesar	Lat 10° 19' 57,6"N : Lon 73° 14' 57,6"O.
E7	Rabo Largo	La Paz – Cesar	Lat 09° 48' 24,3"N : Lon 73° 37' 37,8"O
E8	El Paso	El Paso – Cesar	Lat 09°32'2,785"N : Lon 73°48'13,749"O

6.1 Caracterización Vegetación Riparia por estación

6.1.1 Estación Veracruz

En esta estación las unidades de paisaje dominantes corresponden a la matriz antropogénica, como lo son las zonas de cultivo de arroz y para pastoreo por ganado, favoreciendo el establecimiento de especies de estadios tempranos de sucesión con formas de crecimiento arbustivas y herbáceas como más comunes.

Las formas arbóreas corresponden a líneas que acompañan los cercados algunas veces de manera continua y con alternación de especies. Las especies arbóreas presentes corresponden a *Crateva tapia* (toco), *Enterolobium cyclocarpum* (carito), *Guazuma ulmifolia* (guacimo), *Casearia corymbosa* (vara blanca), *Crescentia cujete* (totumo), *Cordia dentata* (uvita) y otras especies de leguminosas, que proveen frutos a la fauna local. En las formas herbáceas dominaban los pastos (*Cynodon dactylon*) y algunas especies de cyperáceas y amarantáceas consideradas malezas de los cultivos. Formas trepadoras también estuvieron presentes principalmente aquellas cuyo fruto es dispersado por el viento, ya que se encontraban en áreas abiertas en la matriz. En la vegetación riparia como tal encontramos elementos de estadíos de sucesión más avanzada, en este, la densidad de árboles es mayor y la cantidad de luz solar que alcanza el suelo es menor. Conformando el dosel se encuentran *S. riparia* (mulato), *G. ulmifolia*, *C. dentata*, *Albizia niopoides* (Guacamayo), con algunos árboles emergentes de *Samanea saman* (algarrobbillo), *Enterolobium cyclocarpum* y *Platymiscium pinnatum*, como elementos frecuentes, y especies como *Bravaisia integrerrima*, *Talisia olivaeformis* e *Inga edulis* están presentes con densidades bajas. Dada la característica inundable de la zona el estrato herbáceo y arbustivo y herbáceo presenta una baja densidad de especies.

6.1.2 Estación Guacochito

En esta estación las unidades de paisajes dominantes corresponden a vegetación en estadíos tempranos de sucesión con estructura heterogénea y características subxerofíticas donde especies como: *Libidibia coriaria*, *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium* sp, *Pereskia* sp (Guamacho), *Opuntia* sp, *C. dentata*, *Jacquinia aristata* están presentes cerca a playones arenoso de gran extensión. La unidad de paisaje que corresponde a la vegetación riparia se caracteriza por presentar una estructura de sucesión más avanzada con una densidad de árboles mayor, las especies dominantes son *S. riparia*, *G. ulmifolia*, *C. dentata*, *A. niopoides*, *Triplaris americana*, *Ceiba pentandra*, *Ocotea* sp y *Senna* sp. Los elementos arbóreos emergentes presentaban menores densidades en este caso los individuos de *S.*

saman. En el estrato arbustivo se observan algunas especies compartidas con los estadíos tempranos de sucesión, aunque la densidad de algunas especies disminuye, y en otras aumenta, como en las especies de la familia Apocynaceae, tolerantes a la sombra como *Tabernaemontana amygdalifolia*, y *Rauvolfia tetraphylla*, las cuales presentaron flores y frutos la mayoría de los meses ofreciendo así un recurso a la fauna presente.

6.1.3 Estación Puente Salguero

En esta estación las unidades de paisajes se distinguen en diferentes estados de sucesión, predominando las primarias con dominancia de pastos enmalezados. Especies como *P. juliflora*, *P. lanceolatum*, *C. dentata*, *J. aristata* estaban presentes en parches donde las formas arbustivas eran más comunes, así como pastos *Pennisetum purpureum*, *Cenchrus echinatus* y *Chloris virgata*, éstas en la cercanía de las lagunas de oxidación. En la vegetación riparia como tal, en áreas con una presión antrópica menor, encontramos elementos de estadíos de sucesión más avanzada, en este, la densidad de árboles es mayor y la cantidad de luz solar que alcanza el suelo es menor, este último la mayoría de los meses cubierto por hojarasca cuyo mayor aportante eran las especies emergentes, árboles de *A. niopoides*, *S. saman*, *S. riparia* y *E. cyclocarpum*. El estrato arbóreo en estas áreas está dominado por *P. juliflora*, especie que en esta estación alcanza sus mayores valores para diámetro y altura. Son más frecuentes las formas trepadoras y la regeneración natural de los árboles que forman el dosel. Las especies de leguminosas presentes presentaron frutos la mayoría de los meses ofreciendo así un recurso para las aves.

6.1.4 Estación las Pitillas

En esta estación se encontraban áreas dónde la característica subxerofítica predominaba, con formas arbustivas y herbáceas como dominantes, con árboles de bajo porte principalmente. Las cactáceas estaban presentes como elementos herbáceos y arbustivos, como en los cactus columnares y en los caminos eran frecuentes las especies de *Capparis* y *Bulnesia arborea* como árboles pequeños.

En la vegetación riparia se distinguen dos unidades con un grado de alteración antrópica, el sitio dónde se realizaron las parcelas de vegetación, con mayor frecuencia de elementos arbóreos pero en una matriz transformada para zonas de pastoreo de ganado con árboles que sirven de sombrío aislados. En esta zona se encuentran formando un dosel poco desarrollado, especies como: *B. arborea*, *A. niopoides*, *S. saman*, *T. americana*, *S. riparia*, *Pradosia colombiana* y *G. ulmifolia*. Presenta un estrato arbustivo poco desarrollado pero dominado por especies ombrofilas como *T. amygdalifolia* y *Achatocarpus nigricans* (limocito) las cuales durante los meses del muestreo presentaron tanto flores como frutos. La segunda zona corresponde a un área que se utiliza ocasionalmente para el pastoreo, por lo que el número de especies es menor, son frecuentes los árboles de *S. saman* aislados y parches no continuos con árboles en la ribera del río. Dominan las formas herbáceas y arbustivas, de estadíos tempranos de sucesión que presentan flores la mayor parte de los meses.

6.1.5 Estación Puente Canoas

Las áreas transformadas para el pastoreo de ganado constituyen la unidad de paisaje dominante de esta estación, siendo las distintas especies de pastos y malezas los que presentan una cobertura mayor. Una matriz con vegetación de estadios tempranos de sucesión rodea la zona de vegetación riparia, por lo que son frecuentes las formas arbustivas y trepadoras que producen flor la mayoría de los meses, ofreciendo así un recurso de néctar para la fauna presente. Especies como *C. dentata*, *Pithecellobium sp*, *T. americana*, *Maclura tinctoria*, *Coccoloba colombiana*, *Hecatostemon compectus*, *C. kujete*, *Casearia corymbosa* y *Capparis baducca* conformaban el estrato arbustivo de la zona. La vegetación riparia como tal presentaba un estadio de sucesión más avanzada. En éste, la densidad de árboles es mayor y la cantidad de luz solar que alcanza el suelo es menor. El dosel, poco desarrollado, conformado principalmente por *S. riparia*, *G. ulmifolia*, *M. tinctoria*, *Celtis iguanaea*, *Coccoloba sp 2*, *A. niopoides*, *Lecythis minor*, *T. americana* y *Zygia latifolia*. Las especies emergentes presentes corresponden a *A. niopoides* y *S. saman*.

6.1.6 Estación Rabo Largo

En esta estación la vegetación presenta diferentes estadios de sucesión en respuesta a la presión de origen antrópico a la que está expuesta. La ribera del río presenta una cobertura discontinua en cuanto a formas arbóreas, las cuales son de gran importancia para proteger estos márgenes durante las crecientes, se encuentran zonas para pastoreo, con cultivos de pastos para corte y zonas de vegetación riparia con especies secundarias formando su dosel, como lo es *G. ulmifolia*. Son frecuentes las formas arbustivas y palmas, los elementos arbóreos presentan diámetros menores y un estrato herbáceo en desarrollo, en respuesta también a la característica inundable de la zona. Conformaban el dosel especies como *G. ulmifolia*, *Cassia grandis*, *S. riparia*, *S. saman* y *E. cyclocarpum*. En el estrato arbustivo se observan algunas especies compartidas con los estadios tempranos de sucesión, aunque la densidad de algunas especies disminuye, son frecuentes los arbustos de *Psychotria carthagenensis* y *C. baducca*, quienes son ombrófilos y ofrecen un recurso tanto de néctar como de fruto para la fauna presente.

6.1.7 Estación El paso

En esta estación eran frecuentes las unidades de paisaje de cultivos de arroz, potreros arbolados y parches de vegetación en estadios avanzados de sucesión. Árboles de gran porte, aislados, se encuentran en la zona, principalmente de *S. saman*. Las formas arbustivas y herbáceas son las más comunes, así como plantas acuáticas con estructuras flotantes (*Eichornia crasipes*) y trepadoras Bignoniáceas, Passifloráceas y Sapindáceas. En la zona de la vegetación riparia la densidad de árboles es mayor y la cantidad de luz solar que alcanza el suelo es menor, este dosel está conformado principalmente por *E. cyclocarpum*, *G. ulmifolia*, *S. riparia*, *A. niopoides*, *I. edulis*, y *C. corymbosa*, esta última en áreas donde la sucesión esta menos avanzada y constituía la especie cuyos troncos se veían más frecuentemente cortados. Las formas arbustivas más frecuentes corresponden a individuos de *R. tetraphylla*, *A. nigricans*, *Simira cordifolia* y *C.*

colombiana, donde el dosel presenta más espacios abiertos es posible encontrar a *C. colombiana* con algunas especies de pastos, donde el dosel es más cerrado es más frecuente *R. tetraphylla*, *A. nigricans* e incluso es posible encontrar *Clavija* sp y *Simira cordifolia*. Entre los elementos arbóreos, *B. integerrima* se observó en las riberas del río, así como *Sterculia apetala* representada por árboles de gran porte.

7. METODOLOGÍA

7.1 Fase de Campo

Se establecieron ocho estaciones de muestreo, donde se realizaron cuatro muestreos durante los meses de febrero-septiembre de 2011, periodo que corresponde históricamente a la época seca (febrero-abril) y época de lluvia (junio-agosto) respectivamente. En cada estación se midieron variables hidráulicas (caudal) variables ambientales (pH, oxígeno disuelto, temperatura y porcentaje de oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, conductividad y turbidez), nutrientes (nitratos, nitritos, amonio y fosfatos) y variables biológicas (abundancia y diversidad del fitoperifiton).

7.1.1 Muestreos de parámetros fisicoquímicos e hidrológicos

En cada uno de los muestreos los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos (pH, conductividad, velocidad de la corriente, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, temperatura y turbidez) fueron registrados de manera *in situ*; además, se tomaron en frascos plásticos de 250ml muestras de agua, las cuales fueron llevadas al laboratorio donde posteriormente se les hizo un análisis de manera *In vitro* para medir nutrientes (nitritos, nitratos y fosfatos) (tabla 2), siguiendo las técnicas descritas por el estándar métodos (2012). Según la tabla se utilizó la técnica espectrofotométrica con un espectrofotómetro marca Génesis.

Tabla 2. Nutrientes, variables fisicoquímicas e hidrológicas medidas en cada una de las estaciones de muestreo.

VARIABLE	EQUIPO	MARCA	REFERENCIA
Variables Fisicoquímicas			
pH	pHmetro	WTW	pH 3210
Temperatura (°C)	pHmetro	WTW	pH 3210
Conductividad (µs/cm)	Conductimetro	WTW	Cond 3110
Oxígeno (mg/L)	Oximetro	WTW	Oxi 3205
Saturación (%)	Oximetro	WTW	Oxi 3205

SST (mg/L)			
Turbidez (NTU)	Turbidimetro	HACH	2100 Q
Nitritos (µg/L)	Espectrofotómetro	Génesis	5
Nitratos (µg/L)	Espectrofotómetro	Génesis	5
Nitrógeno (µg/L)	Espectrofotómetro	Génesis	5
Fosfato (µg/L)	Espectrofotómetro	Génesis	5
DBOs	Incubacion durante 5 dias a 25° C		
Variables Hidrológicas			
Caudal (m³/s)	Flujimetro		

7.1.2 Toma Muestras Biológicas

Las muestras se recolectaron de sustratos naturales (rocas, madera y hojas), ver Figura 2, haciendo un raspado cuidadosamente en la parte superficial de 100cm^2 con una espátula, esta muestra se llevó a 50 ml con agua destilada. El material recogido fue envasado en un frascos recolector plásticos a los cuales se le agrego una solución fijadora de formalina al 4% más una solución de lugol, con el fin de no alterar las estructuras internas ni externas de los organismo Roldán & Ramírez (2008), posteriormente fueron llevadas al laboratorio para después ser observadas en el microscopio y realizar su respectivo identificación y conteo.



Figura 2. Recolección de las variables biológicas

7.2 Fase de Laboratorio

Una vez llevada las muestras a la colección de fauna de la Universidad del Atlántico, se les hizo su respectiva identificación usando el microscopio óptico de marca Leica. El método utilizado fue el de conteo en una alícuota de la muestra, el cual consistió en tomar una alícuota de volumen conocido, colocarla entre el portaobjeto y el cubreobjetos, para esto se utilizó pipetas de precisión (Stempel, Eppendorf). Para la identificación se utilizaron claves taxonómicas propuestas por (Ortega, 1984), (Ramírez, 2000), (Streble & Krauter, 1987), (Parra et. Al., 1982), (Bourrely, 1966), (Bourrely, 1968), (Bourrely, 1970).

La cuantificación de los individuos se obtuvo mediante la fórmula propuesta por (Hauer & Lambert, 2007) donde la densidad se expresa en número de individuos por área de superficie (cm²)

$$D_i = N_i V_s / V_c A$$

Donde:

D_i= Densidad de las células Número de Individuos/m²

N_i= número de células del enésimo taxón contado en la cámara

V_s=volumen total de la muestra

V_c= volumen de la sub muestra

A= área en cm²

Índice de calidad del agua (ICA).

Se consideró usar un índice ampliamente conocido y que se ha aplicado en muchas cuencas del mundo; es conocido como ICA (Índice de la Calidad del Agua), por sus siglas se define como la relación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Donde:

ICA= índice de la calidad del agua global

I_i = índice para el parámetro i

W_i = Coeficiente de ponderación del parámetro i

N = Numero total de parámetros

El ICA oscila entre 0 (calidad mínima) y 100 (calidad máxima).

El valor del índice permitirá definir en palabras la calidad de las aguas, de acuerdo con la clasificación (tabla, 3a), se uso un índice complementario llamado índice de simplificación de la calidad del agua (ISQA) para comparar la eficiencia de los dos y cual de ellos se optimiza más con las características del Rio. :

Índice de calidad simplificado del agua (ISQA).

Es un índice también bastante conocido a nivel global, que utilizamos como índice complementario para afianzar mas los resultados del trabajo, por sus siglas este índice se define como:

$$ISQA = E * (A + B + C + D)$$

Las cinco características escogidas con indicación de su rango son:

E: temperatura del agua (T en $^{\circ}C$). Puede tomar valores comprendidos entre 0,8 y 1 según:

$$E = 1 \quad \text{si } T \leq 20^{\circ}C \quad \text{o} \quad E = 1 - (T - 20) \cdot 0,0125 \quad \text{si } T > 20^{\circ}C$$

A: demanda química-orgánica (DBO en mg/L). Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 30 según:

$A = 30 - \text{DBO5}$ si $\text{DBO5} \leq 10 \text{ mg/L}$

$A = 21 - (0,35 * \text{DBO})$ si $60 \text{ mg/L} \geq \text{DBO} > 10 \text{ mg/L}$

$A = 0$ si $\text{DBO} > 60 \text{ mg/L}$

B: sólidos en suspensión totales (SST en mg/L). Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 25 según:

$B = 25 - (0,15 * \text{SST})$ si $\text{SST} \leq 100 \text{ mg/L}$

$B = 17 - (0,07 * \text{SST})$ si $250 \text{ mg/L} \geq \text{SST} > 100 \text{ mg/L}$

$B = 0$ si $\text{SST} > 250 \text{ mg/L}$

C: oxígeno disuelto (O_2 en mg/L). Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 25 según:

$C = 2,5 * \text{O}_2$ si $\text{O}_2 < 10 \text{ mg/L}$ o $C = 25$ si $\text{O}_2 \geq 10 \text{ mg/L}$

D: conductividad (CE en $\mu\text{S/cm}$ a 18°C). Si la conductividad se mide a 25°C , para obtener la conversión a 18°C se multiplicará por 0,86. Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 20 según:

$D = (3,6 - \log \text{CE}) * 15,4$ si $\text{CE} \leq 4000 \mu\text{S/cm}$ o $D = 0$ si $\text{CE} > 4000 \mu\text{S/cm}$

Como el ICA, el ISQA también oscila entre 0 (calidad mínima) y 100 (calidad máxima).

El valor del índice permitirá definir en palabras la calidad de las aguas, de acuerdo con la clasificación (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, 3b):

Tabla 3: Escala de valores y calificaciones del indicador de calidad de aguas ICA (izq., 3a). Escala de valores y calificaciones del índice de la calidad simplificada del agua ISQA (der, 3b).

Excelente: 91-100	VALOR DEL ÍNDICE	CLASIFICACIÓN	ESCALA DE COLOR
Buena: 71-90	0 - 25	calidad muy mala	Rojo
Media: 51-70	26 - 50	calidad mala	Naranja
Mala: 26-50	51 - 70	calidad media	Amarillo
Muy Mala: 0-25	71 - 90	calidad buena	Verde
	91 - 100	calidad excelente	Azul

Mediante estos índices se obtiene un valor numérico adimensional que engloba las magnitudes de ciertos parámetros individuales, cuyo número y tipo varía según el índice. Se usan para evaluar la calidad de un agua y su evolución con el tiempo, y tienen como inconveniente su poca robustez debido a que simplifican mucho la calidad al definirla mediante un único valor numérico.

Análisis de la información.

Los datos de campo fueron ingresados en hojas electrónicas del programa Excel 7.0, donde se ordenaron por estación de muestreo, luego se aplicaron los respectivos tratamientos estadísticos normales, que se requieren en el estudio de caracterización. También se utilizó el programa estadístico Statgraphics 5.0 para el desarrollo de análisis de varianzas y matrices de correlación.

7.2.1 Análisis de Datos

Con el objeto de evaluar la diversidad de los grupos de perifíton presentes en las estaciones y épocas de muestreo, se calculó el índice de Diversidad, Dominancia y Equidad.

La caracterización fisicoquímica e hidrológica de las épocas y estaciones de muestreo se realizó a través de un Análisis de Componentes Principales (ACP).

Para determinar las tendencias de asociación de las estaciones se realizó un análisis de clasificación cuantitativa (CLUSTER) basado en la matriz de similitud de Bray-Curtis. A partir de estas asociaciones se detectaron los patrones de distribución de la comunidad de algas perifíticas en espacio y tiempo a través del análisis Inverso de Kaandorp, quien clasifica a partir de la frecuencia y abundancia relativa las especies exclusivas (100%), muy características (90-99%), características (89-65%) y generalistas (66-70%).

Para estimar la relación entre la composición y abundancia relativa del perifíton y las condiciones físico-químicas e hidrológicas del agua de la cuenca media y baja se realizó un análisis de Correlación de Spearman.

8. RESULTADOS

8.1 Caracterización de las estaciones de muestreo a partir de variables físicas y químicas.

La tabla 4 resume las variables hidráulicas, fisicoquímicas y biológicas estudiadas en los puntos de muestreos y en las respectivas zonas para cada época climática.

Tabla 4: Variables físicas, químicas e hidrológicas en las, estaciones y meses de muestreo

ESTACIONES	T (°C)	O2 (mg/L)	Sat. (%)	pH	Cond. (µS/cm)	SST (mg/L)	Caudal (m3/s)	Turb. (NTU)	NO2(µg/L)	NO3 (µg/L)	N2 (µg/L)	P (µg/L)	DBO5
FEBRERO													
Veracruz	25,7	7,8	98	7,6	296	7,17	0,133	7,7	0,48	1,72	2,20	165,22	6
Rio Badillo	29,9	8,3	110	7,98	307	28,159	3,206	28	0,53	0,00	0,53	127,09	6
Guacochito	25	7,4	91	7,48	107,3	32,704	2,43	14,5	0,19	4,77	4,96	80,49	2,53
Puente	30,3	4,3	58	7,28	417	34,228	14,314	59,9	0,53	0,00	0,53	756,21	60
Salguero													
Las Pitillas	27,6	1,3	16	7,38	447	8,689	22,943	10,3	0,10	73,76	73,86	228,77	21
Puente Canoa	31,8	6,4	81	8,03	435	61,651	8,741	96,3	0,48	0,00	0,48	137,69	8,4
Rabo Largo	30,1	6,1	88	8,13	442	150,45	33,42	149	0,58	26,21	26,80	321,97	13,2
El paso	31,6	4,1	74	7,51	266	176,82	30,4	193	2,76	31,66	34,43	133,45	2,5
ABRIL													
Veracruz	31,7	6,19	86,6	7,66	274	24,931	0,1475	22,5	7,81	17,29	25,10	180,05	6
Rio Badillo	27,8	6,82	88,6	7,68	160,2	427,78	3,381	450	2,62	15,91	18,53	141,92	6
Guacochito	27,5	7,05	90,9	6,78	69,5	87,20	1,837	36	1,60	3,57	5,17	99,56	2,53
Puente	29,5	5,98	80	7,36	220	45,31	19,244	53,3	44,13	8,74	52,87	487,20	60
Salguero													
Las Pitillas	29,5	4,3	60,5	7,32	208	91,76	28,25	54,7	0,19	39,96	40,15	224,53	21
Puente Canoa	30,6	4,93	66,3	7,32	210	192,65	35,02	135	2,57	18,50	21,07	216,06	8,4
Rabo Largo	30,4	4,95	67,3	7,4	217	330,28	34,69	214	6,06	28,37	34,43	201,23	13,2
El paso	30,1	4,1	70	7,26	240	155,45	34,78	151	4,07	16,36	20,44	211,82	2,5
JUNIO													
Veracruz	26,6	6,57	83,8	7,76	301	39,93	0,2537	33	0,55	1,46	2,19	155,06	2,5
Rio Badillo	29,2	6,66	88,6	7,66	320	31,73	4,215	54	0,51	0,66	0,99	132,83	2,5
Guacochito	27,58	6,77	87,78	7,12	201	61,31	2,573	15	0,44	5,23	7,84	83,94	2,5
Puente	27,2	6,54	84,1	7,42	432	58,17	21,357	37	0,48	3,25	4,88	649,29	4,5
Salguero													
Las Pitillas	27,5	5,55	71,81	7,46	474	76,41	31,254	43	0,18	70,78	106,16	216,06	2,5
Puente Canoa	29,48	5,18	68,86	7,27	562	54,84	39,021	52	0,37	0,26	0,39	147,43	3,6

Rabo Largo	29,5	3,74	49,21	7,11	461	72,13	38,951	67	0,41	30,40	45,59	287,41	3,9
El paso	29,85	3,49	46,6	7,12	308	18,97	37,687	26	2,52	25,44	38,16	121,91	4,30
AGOSTO													
Veracruz	28,8	6,65	87,5	7,806	436	46,34	1,4887	36	0,31	0,66	0,98	127,33	2,5
Rio Badillo	29	6,97	89,8	7,793	446	37,42	5,45	56	0,63	0,52	0,78	102,16	2,5
Guacochito	25,5	6,54	85,8	7,213	457	67,78	3,808	18	0,23	2,93	4,40	81,97	2,5
Puente	27	5,94	87,4	7,324	467	65,23	22,592	40	0,85	2,83	4,24	654,59	4,5
Salguero													
Las Pitillas	27,8	6,12	81,2	7,326	498	79,88	32,489	46	0,17	54,28	81,41	204,90	2,5
Puente Canoa	29,2	6,21	78,2	7,271	518	62,73	40,256	54	0,39	0,20	0,30	117,93	3,6
Rabo Largo	28,3	5,93	89,4	7,142	508	78,62	40,186	70	0,50	16,33	24,50	301,54	3,9
El paso	29,6	5,49	86,7	7,145	528	37,49	38,922	28	1,02	18,44	27,66	109,09	4,30

Para explicar el 61,6% de la varianza se requirió de dos componentes. El primer componente explicó 43,7% y el segundo el 17,9%. En el análisis de estos dos primeros componentes se observó que las estaciones El Paso, Rabo Largo, y Puente Canoa (tramo bajo del rio) y Las Pitillas (tramo medio) presentaron mayores valores de caudal, sólidos suspendidos totales (SST), turbidez y conductividad. Mientras que las estaciones Veracruz, Guacochito y Rio Badillo (tramo medio) presentaron los valores mas bajos de caudal. Las concentraciones de NO₃, NO₂ y PO₄ fue mayor en las estaciones Puente Salguero (tramo medio) y Puente Canoa (tramo bajo) para el mes de febrero, Figura 3.

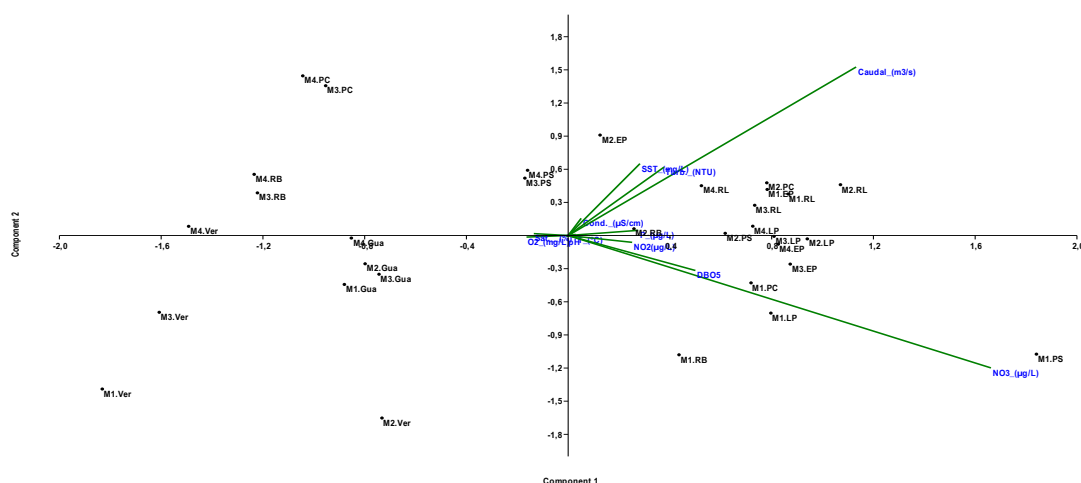


Figura 3. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables hidrológicas y fisicoquímicas

8.1.1 Variables Hidráulicas

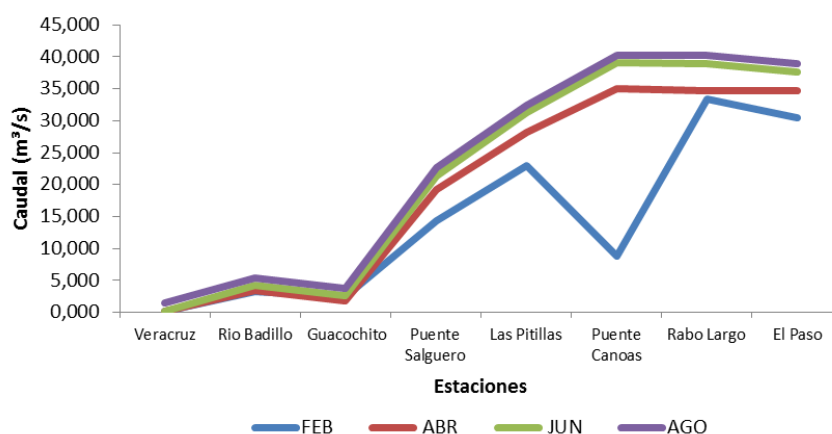


Figura 4. Caudales para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo

La figura 4. Muestra los valores de caudal para las estaciones en los meses de muestreo. El caudal presentó diferencias significativas en el mes de febrero y agosto ($n=8$; $p=0,049$). Los valores máximos de caudal se observaron para las estaciones del tramo bajo; Puente Canoas ($40,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Rabo Largo ($40,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) y El Paso ($38,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) en el mes de agosto ($n=4$; $cv=74,4$), Mientras que los valores más bajos se reportaron en el mes de febrero ($n=4$; $cv=90,4$) para las estaciones del tramo medio; Veracruz ($0,133 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $n=8$; $cv=130,02$), Río Badillo ($3,206 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $n=8$; $cv=25,206$) y Guacochito ($2,43 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $n=8$; $cv=25,206$). La estación Las pitillas presentó diferencias en el caudal con respecto a la estación puente canoas ($n=8$; $\text{Chi}^2=8,519$; $p=0,03$), y la estación Puente Canoas con las estaciones Rabo largo ($n=8$; $\text{Chi}^2=12,374$; $p=0,006$) y El Paso ($n=8$; $\text{Chi}^2=10,758$; $p=0,01$) ver anexo 2.

El caudal se correlacionó positivamente con la temperatura ($r=0,3754$; $p=0,0342$), conductividad ($r=0,390$; $p=0,0273$), con los sólidos suspendidos totales ($r=0,3622$; $p=0,0416$), turbidez ($r=0,423$; $p=0,0159$), nitratos ($r=0,4572$; $p=0,0085$),

fosfatos ($r= 0,4056$; $p= 0,0213$), y negativamente con el oxígeno disuelto ($r= -0,5323$; $p= 0,0017$), porcentaje de saturación de oxígeno ($r= -0,3992$; $p= 0,0236$) y pH ($r= -0,3399$; $p= 0,057$).

8.1.2 Variables fisicoquímicas

8.1.2.1 Temperatura

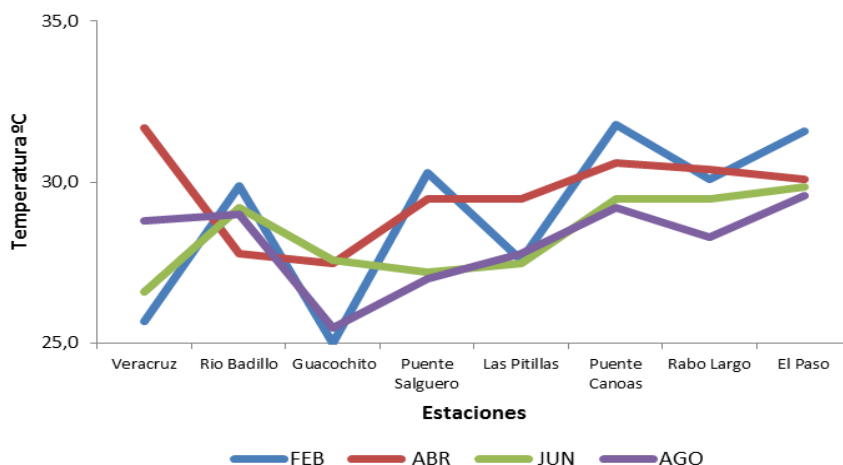


Figura 5. Temperatura para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo

La temperatura no presentó diferencias significativas entre muestreos ni estaciones. Los valores máximos de temperatura se obtuvo en el mes de febrero para la estación del tramo bajo, Puente Canoa ($31,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ $n=4$; $cv = 3,9176$). Los valores mínimos se registraron en el mes de febrero para la estación del tramo medio Guacochito con un valor de 25°C ($n=4$; $cv = 5,06$) ver anexo 3. La figura 5 muestra los valores de temperatura para cada estación con respecto a los meses de muestreo.

La temperatura se correlacionó positivamente con la turbidez ($r= -0,5442$; $p= 0,0013$) y los nitratos ($r= 0,4035$; $p= 0,022$).

8.1.2.2 Oxígeno Disuelto y Porcentaje de Oxígeno Disuelto

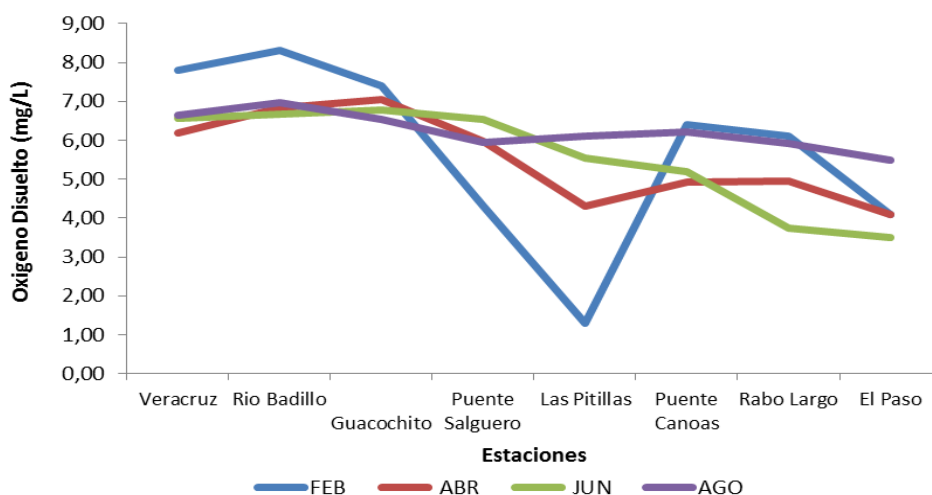


Figura 6. Oxígeno disuelto (mg/l) para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo

El oxígeno presentó diferencias significativas entre los meses febrero-abril ($n=4$; $p=0,047$) y junio-agosto ($n=4$; $p=0,028$). En el mes de febrero se reportaron los valores máximos de oxígeno (8,3 mg/l, $n=8$; $cv=41,1$) en la estación Rio Badillo, y también los valores mínimos (1,3 mg/l, $n=8$; $cv=41,1$) en la estación Las Pitillas, ver anexo 4.

El porcentaje de saturación de oxígeno presentó diferencias significativas entre los meses de febrero-abril ($\chi^2 = 36,723$ $p=0,000005$), febrero-junio ($\chi^2 = 60,964$; $p=0,00000000009$), febrero-agosto ($\chi^2 = 49,9$; $p=0,000000015$) y junio-agosto ($\chi^2 = 16,43$; $p=0,002$). El máximo valor se registró en el mes de febrero (110%, $n=8$; $cv=37,9$) en la estación Rio Badillo y el mínimo valor se reportó también para este mes en la estación Las Pitillas (16%, $n=8$; $cv=37,9$) ver anexo 5.

El oxígeno disuelto y el porcentaje de oxígeno disuelto se correlacionaron negativamente con la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), ($r=-0,3549$; $p=0,0462$ y $r=-0,3764$; $p=0,033$ respectivamente)

8.1.2.3 pH

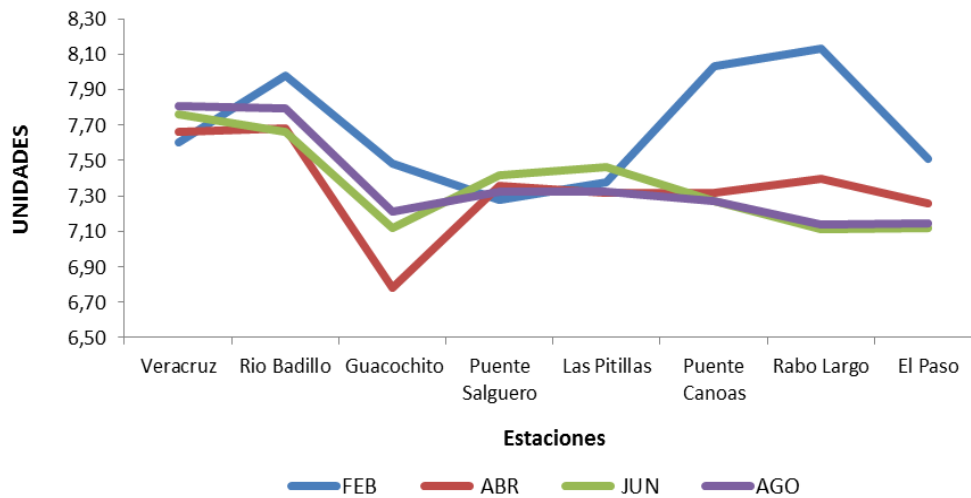


Figura 7. Comportamiento temporal y espacial del pH en la zona media y baja del río Cesar, durante el periodo comprendido entre febrero y agosto 2012.

El pH no presentó diferencias significativas entre muestreos ni estaciones. La figura 7 muestra el comportamiento temporal y espacial del pH, se observa el máximo valor reportado en el mes de febrero (8,13 $n=8$; $cv= 4,24$) registrado en la estación Rio Badillo, y el valor mínimo se presentó también en el mes de febrero en la estación Guacochito (6,78 $n=8$; $cv= 3,79$) ver anexo 6.

El pH se correlacionó positivamente con la abundancia ($r= 0,41$; $p= 0,004$).

8.1.2.4 Conductividad

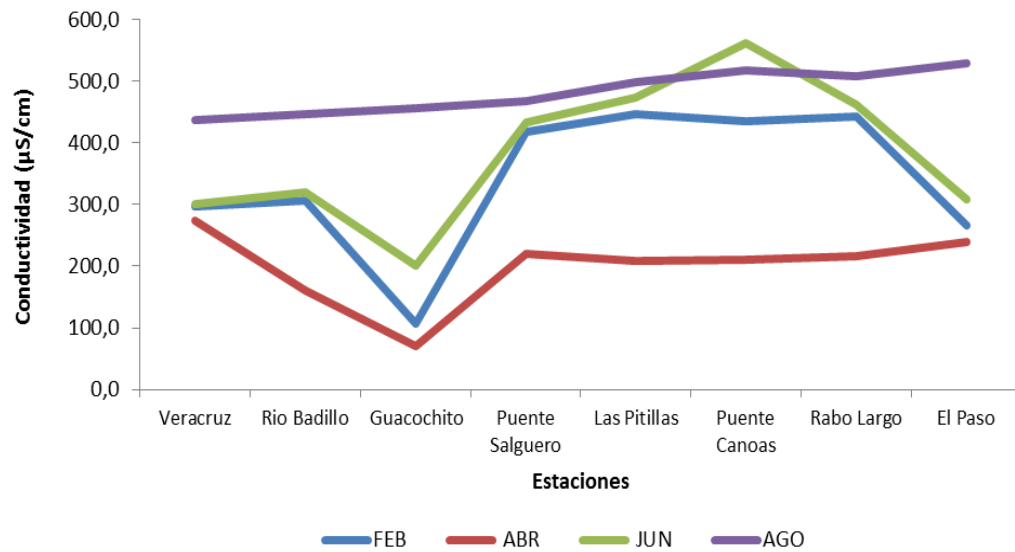


Figura 8. Valores de conductividad para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo

La conductividad presentó diferencias significativas entre meses ($n=4$; $p<0,05$) y entre estaciones ($n=8$; $p<0,05$), ver anexo 7

La figura 8 muestra el comportamiento de la conductividad en las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo, siendo junio y agosto los meses con mayores conductividades, el máximo valor fue registrado en la estación Puente Canoa ($562 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ $n=8$; $\text{cv}= 35,1$). En el mes de abril se reportó el mínimo valor de conductividad, registrado en la estación Guacochito ($69,5 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ $n=8$; $\text{cv}= 30,8$) ver anexo 6. La conductividad se correlacionó positivamente con la abundancia ($r= 0,54$; $p= 0,0013$)

8.1.2.5 Sólidos suspendidos Totales (SST)

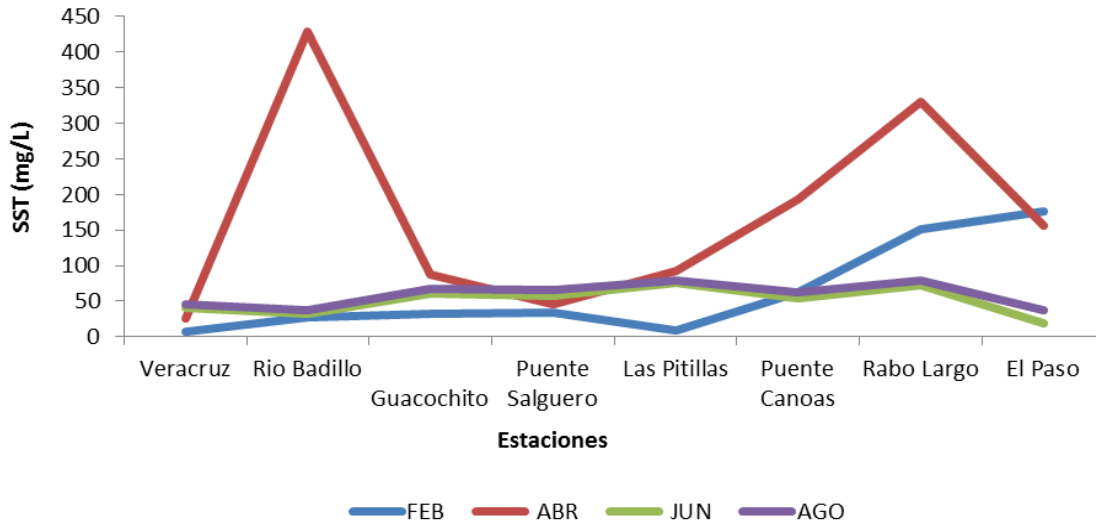


Figura 9. Valores de Sólidos Suspendidos Totales (SST) para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo

Los SST presentaron diferencias significativas entre meses y entre estaciones ($n=4$; $p<0,05$) y entre estaciones ($n=8$; $p<0,05$), ver anexo 8

La figura 9 muestra el comportamiento de los SST en las estaciones con respecto a los meses de muestreo. Se observa que los valores mas altos se registran en el mes de abril que corresponde a la época de bajas precipitaciones, el máximo valor se obtuvo en la estación del tramo medio, Rio Badillo (427 mg/l , $n=8$; $cv= 84,196$). El valor mas bajo se registró en el mes de febrero (7,17 mg/l, $n=8$; $cv= 104,12$) en la estación Veracruz (tramo medio) .

Las concentraciones de SST se correlacionó positivamente con el caudal ($r= 0,37$; $p= 0,05$) y negativamente con la abundancia ($r= -0,3736$; $p= 0,0352$)

8.1.2.6 Turbidez

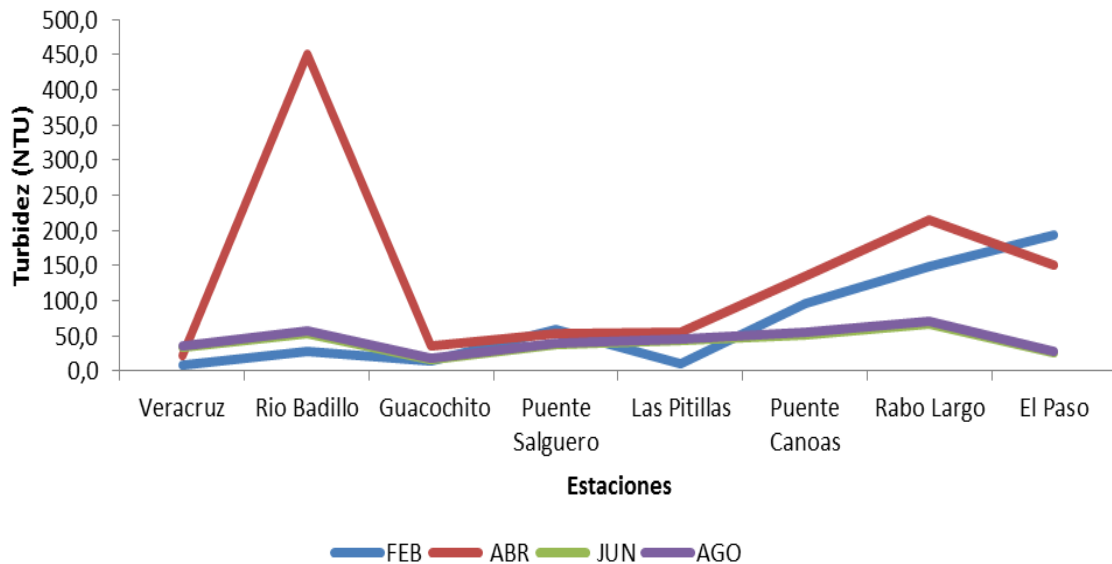


Figura 10. Valores de Turbidez para las estaciones de muestreo con respecto a los meses de muestreo

La turbidez presentó diferencias significativas entre meses y entre estaciones ($n=4$; $p<0,05$) y entre estaciones ($n=8$; $p<0,05$), ver anexo 9

La figura 10 indica el comportamiento de la turbidez en las estaciones de muestreo con respecto a los meses. Se observa que el máximo valor se reportó en el mes de abril en la estación Rio Badillo (450 NTU, $n=8$; $cv= 101,74$), y el mínimo valor se registró en el mes de febrero para la estación Veracruz (7,7 NTU $n=8$; $cv= 100,5$).

La turbidez se correlacionó positivamente con la temperatura ($r= 0,54$; $p= 0,0013$) y con el caudal ($r=0,423$; $p=0,0159$)

8.1.2.7 DBO5

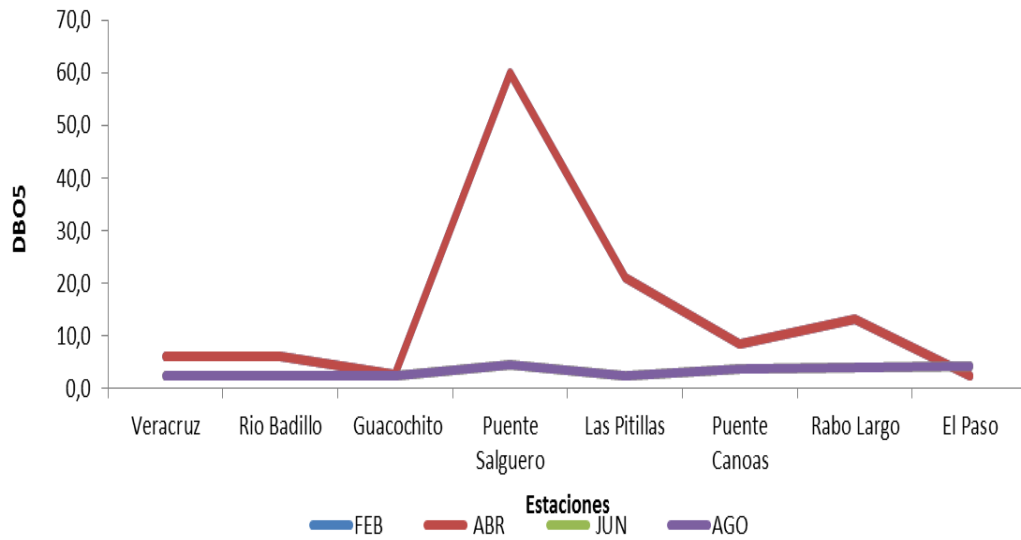


Figura 11. Comportamiento temporal y espacial de la DBO5 en la cuenca media y baja del Río César

En la figura 11 se observa el comportamiento temporal y espacial de la Demanda Bioquímica de Oxígeno. Los valores máximos se reportaron en la estación Puente Salguero para el mes de febrero y abril (60; $cv=128,4$). Los valores mas bajos se presentaron en las estaciones Veracruz, Río Badillo y Guacochito (2,5; $cv=26,8$). Se correlacionó positivamente con los nitritos ($r=0,3886$; $p=0,028$), fosfatos ($r=0,5888$; $p=0,0004$) y negativamente con el oxígeno disuelto ($r=-0,3549$; $p=0,0462$) y la saturación de oxígeno ($r=-0,3764$; $p=0,0337$) ver anexo 10.

8.1.3 Nutrientes

8.1.3.1 Nitratos (NO_3)

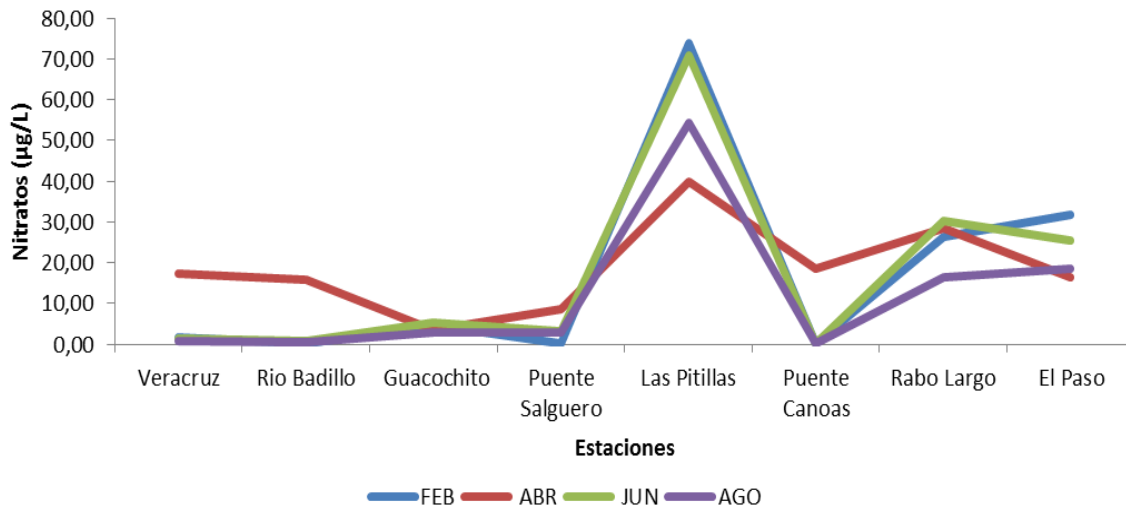


Figura 12. Concentración de Nitratos en las estaciones y épocas de muestreo

Los nitratos alcanzaron su máximo valor en el mes de febrero en la estación Puente Salguero ($723,44 \mu\text{g.l}^{-1}$), y el mínimo valor fue de $0,20 \mu\text{g.l}^{-1}$, registrado en el mes de agosto en la estación Puente Canoas, Figura 12. Los nitratos se correlacionaron positivamente con el caudal ($r= 0,45$; $p= 0,008$), y negativamente con el oxígeno disuelto y porcentaje de oxígeno ($r= -0,54$; $p= 0,001$ y $-0,44$; $p= 0,01$ respectivamente) ver anexo 11.

8.1.3.2 Nitritos (NO_2)

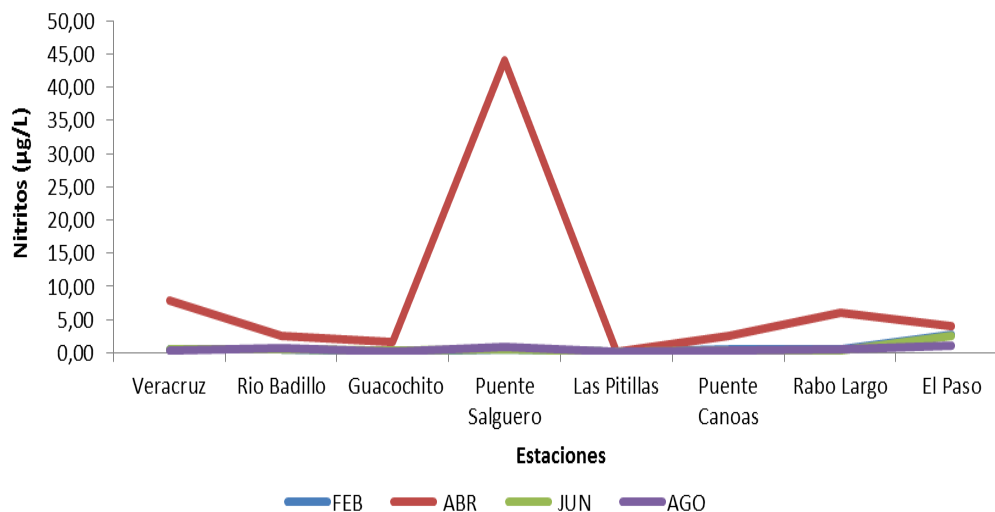


Figura 13. Concentración de Nitritos en las estaciones y épocas de muestreo

La concentración de nitritos obtuvo su máximo valor en el mes de abril en la estación Puente Salguero ($44,13 \text{ mg.l}^{-1}$) y el menor valor se obtuvo en la estación Las Pitillas en el mes de febrero ($1,28 \text{ mg.l}^{-1}$). Se relacionó negativamente con la abundancia ($r = -0,59$; $p = 0,004$) ver anexo12, Figura 13.

8.1.3.3 Fosfatos (PO_4)

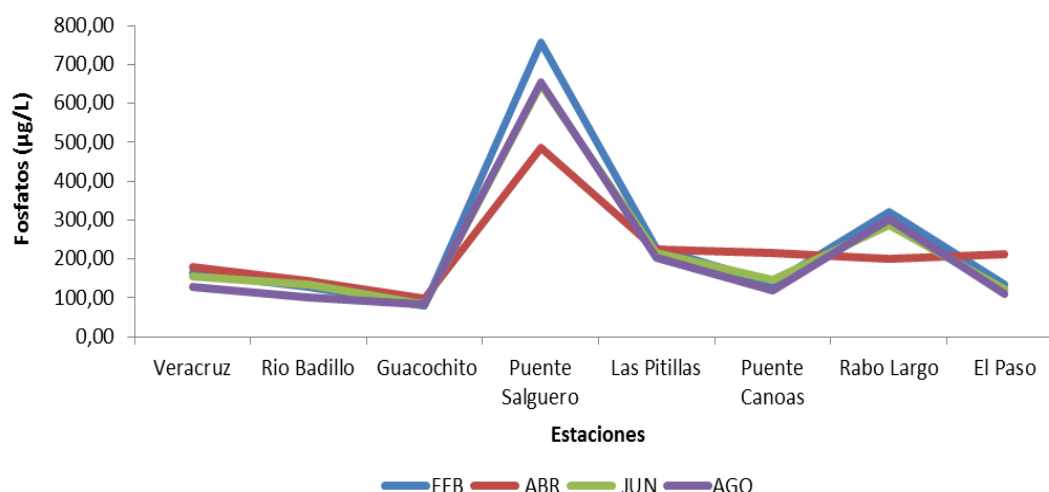


Figura 14. Concentración de Fosfatos en las estaciones y épocas de muestreo

El máximo valor de fosfatos se reportó en el mes de febrero en la estación Puente Salguero ($756,21 \text{ mg.l}^{-1}$) y en la estación Guacochito se registró el menor valor ($80,49 \text{ mg.l}^{-1}$) en el mes de febrero, ver Figura 14. Las concentraciones de fosfato se correlacionaron negativamente con la diversidad ($r = -0,6071$, $p = 0,0473$) y positivamente con las concentraciones de DBO_5 ($r = 0,5888$, $p = 0,0004$) ver anexo 13,

8.1.4 Variable biológica

8.1.4.1 Abundancia y Diversidad

Se determinaron 114 morfoespecies de algas perifíticas de las cuales Bacillariophyceae (diatomeas) fue la clase que presentó el 52% (60 especies) del total de las especies perifíticas, seguido por Chlorophyceae con el 25% (29 especies), Cyanophyta con el 18% (20 especies) y Euglenophyceae (6 especies), figura 15a. La clase Bacillariophyceae obtuvo el mayor porcentaje de células en el estudio con un valor del 51 %, mientras que la clase Cyanophyceae obtuvo el porcentaje más bajos, (Figura 15 b).

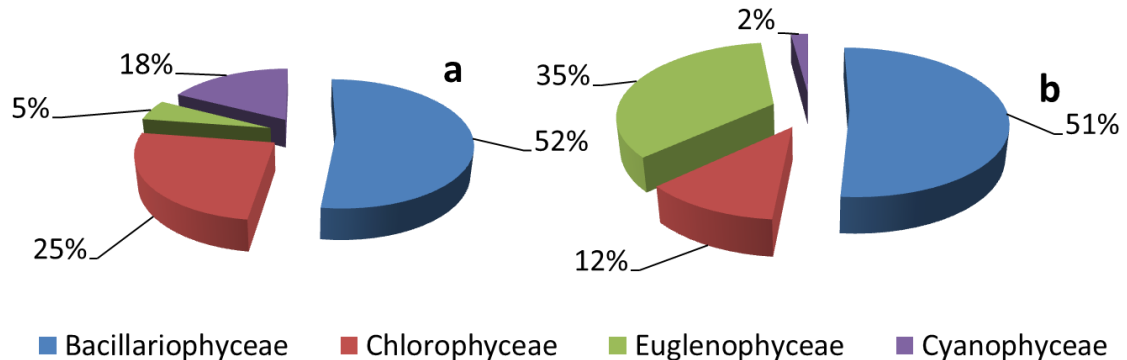


Figura 15. Representación de los grupos taxonómicos. a: Porcentaje de Riqueza; b: Porcentaje de Abundancia

El resultado de la distribución espacial y la variación temporal de la riqueza de algas perifíticas, muestra que , la Est. 2 (Rio Badillo) en el mes de agosto, registró un mayor número de especie con un total de 59 especies; 31 diatomeas, , 14 clorófitas, nueve cianobacterias y tres eunglenofitas. La estación con menor número de especies fue Est 7 (Rabo Largo) con 13 especies en total, seis diatomeas, tales como *Navícula platalea*, *Gyrosigma*, *Nitzschia dissipata* y *Tabellaria* , tres euglenófitas; *Trachelomonas*, *Phacus* y *Euglena*, dos cianofitas; *Oscillatoria* y una clorófitas; *Stauroneis anceps* (ver figura 16).

Entre los géneros con mayor número de especies se encuentra *Navicula* y *Nitzschia* (9 especies cada género), *Cosmarium* (7 especies) y *Pinnularia*, *Oscillatoria* y *Fragilaria* (6 especies cada género).

En la Figura 17, Se observa la densidad total de especies por grupos taxonómicos en las estaciones y periodos de muestreo. Se observa que los picos de densidad se reportaron en los meses de julio y agosto, siendo las mas abundantes las diatomeas y las clorofitas. Entre las diatomeas mas abundantes se encontraron *Pinnularia viridis*, *Navicula gracilis*, *Nitzschia dissipata* *Navicula platalea* y *Stauroneis anceps*. Los géneros de clorófitas que mas contribuyeron a la densidad total de algas perifíticas fueron *Cosmarium*, *Scenedesmus* y *Pediastrum*. Las cianofitas o cianobacterias aunque no presentaron picos elevados de densidad, contribuyeron en gran parte a la composición de la comunidad de algas perifíticas, donde los géneros mas representativos fueron *Oscillatoria*, *Nostoc* y *Mycrocystis*. En el mes de abril se presentaron las más bajas densidades en comparación con los demás meses de muestreo. La abundancia se correlacionó positivamente con la conductividad y negativamente con los nitritos y solidos suspendidos totales.

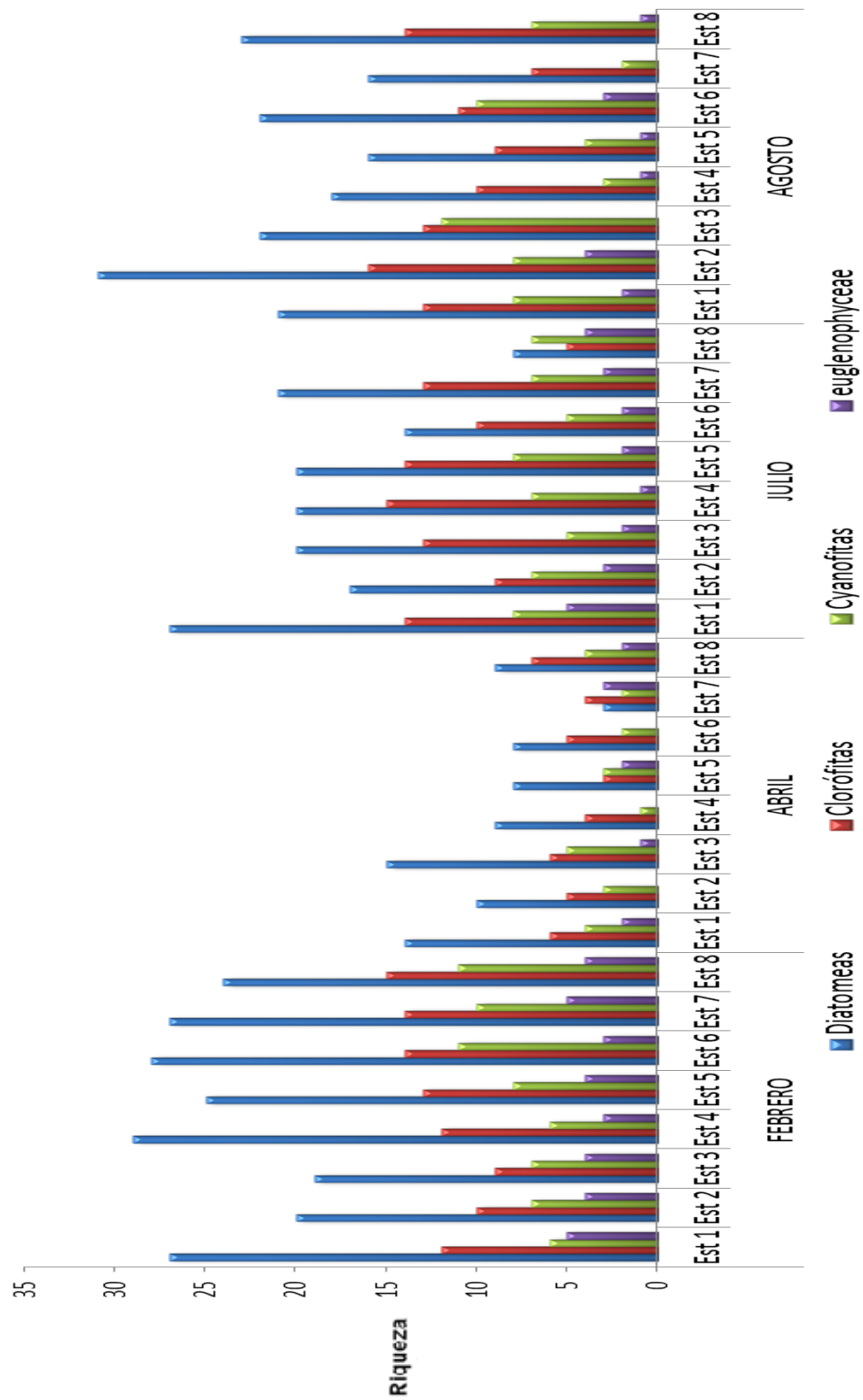


Figura 16. Número de especies identificadas por grupo taxonómico en cada estación y mes de muestreo

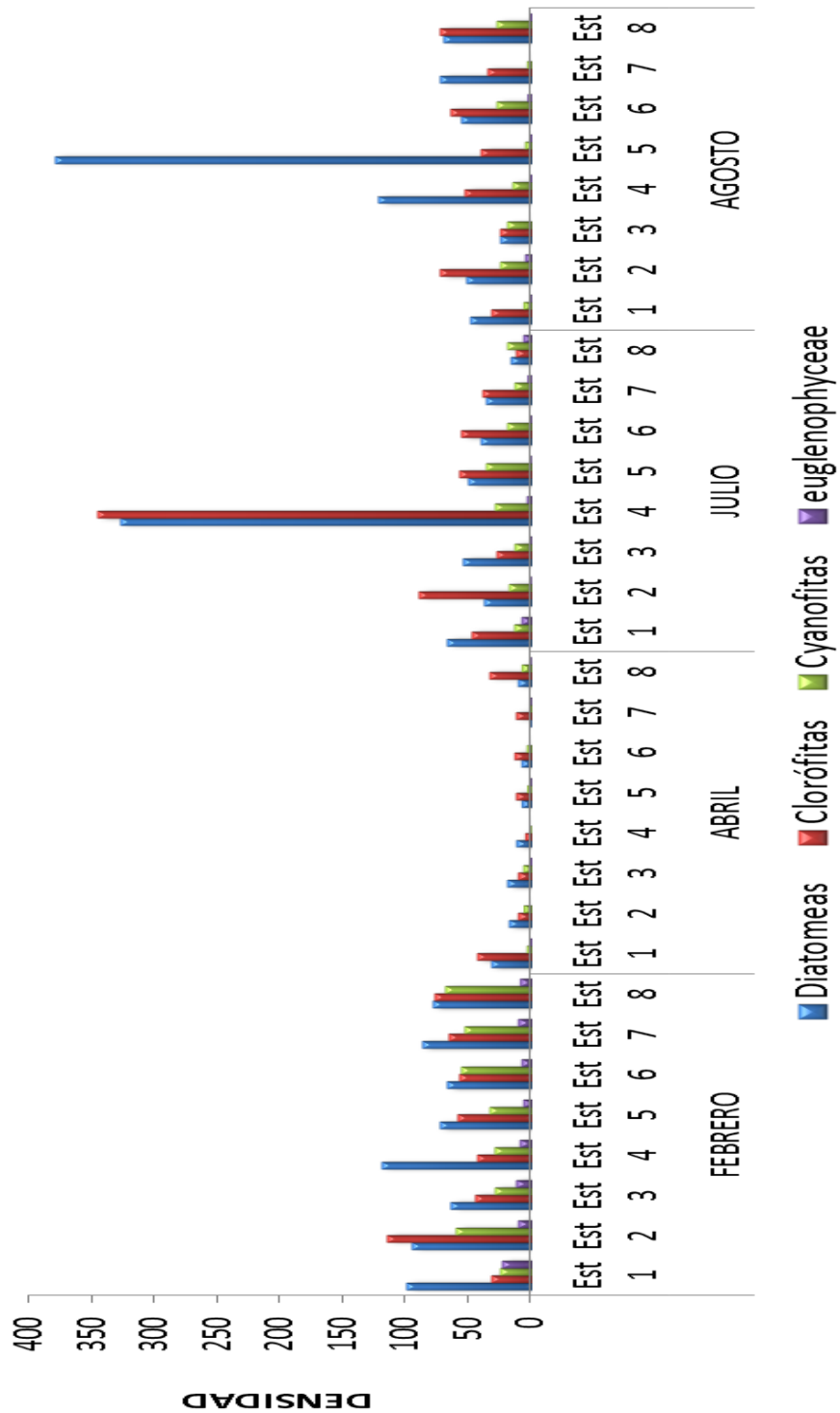


Figura 17: Densidad (células/cm²) en de los grupos de algas perifíticas identificados en las estaciones de muestras

La mayor diversidad se encontró en la estación Rabo Largo en el mes de febrero ($H'=3,64$) y el menor valor fue registrado en la estación Puente Canoas en el mes de agosto ($H'=1,13$). La dominancia presentó valores bajos en todos los sitios de muestreo siendo $D=0,031$ el valor más bajo, registrado en la estación Veracruz en el mes de febrero y $D=0,5$ el más alto, registrado en la estación Las Pitillas en el mes de agosto; lo cual indica los altos valores de equidad entre los sitios de estudio (Ver figura 18).

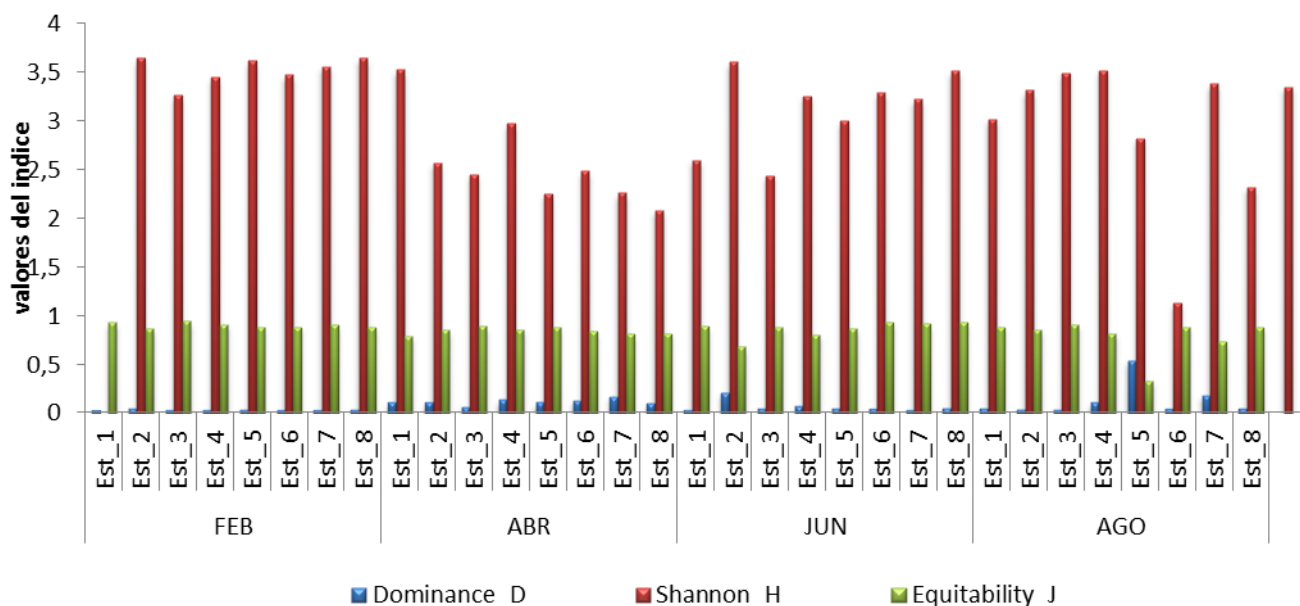


Figura 18. Índices de Dominancia (D), Diversidad (H'), Equidad (J) de las estaciones con respecto a los meses de muestreo.

El análisis de agrupamiento , bajo el 50% de similitud, formó tres grupos, Figura 19. La asociación I está conformada por las estaciones Est 2 y Est 5 (tramo medio); Est 6, Est 7 y Est 8 (tramo bajo) del mes de agosto (M4). La asociación II esta comprendida por todas las estaciones en los meses de febrero (M1) y junio (M3) y las estaciones Est 1, Est 3 y Est 4 (tramo medio) del mes de agosto. Y la Asociación tres esta conformada por todas las estaciones del muestreo realizado en el mes de abril (M2).

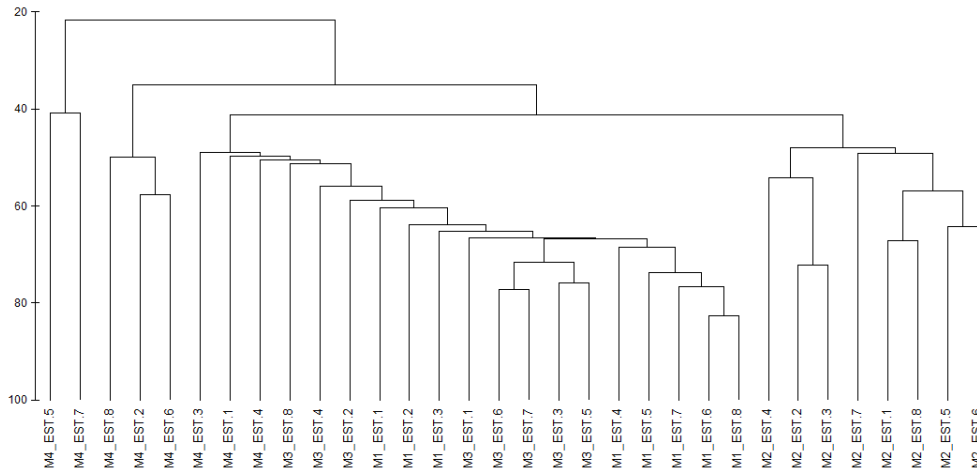


Figura 19. Representación gráfica del análisis descriptivo multivariado no paramétrico de Clasificación Cuantitativa (CLUSTER) para las estaciones y meses de muestreo

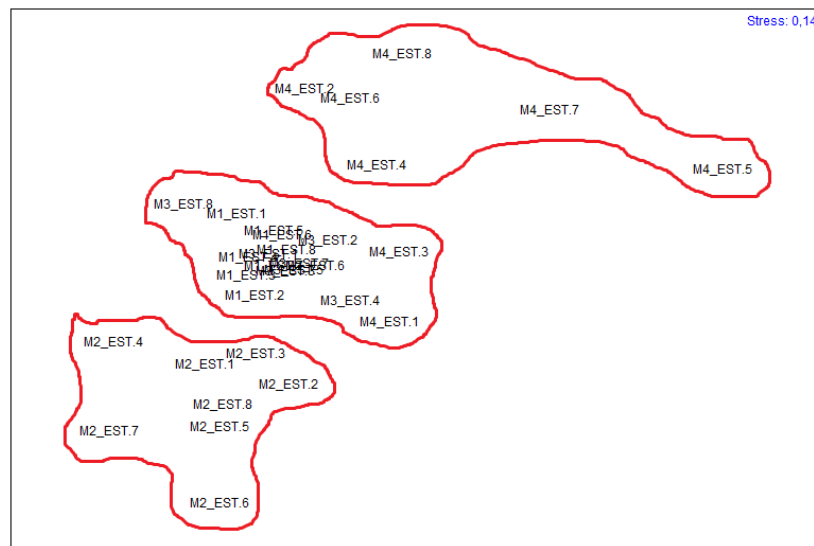


Figura 20. Representación gráfica del análisis descriptivo multivariado no paramétrico de Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMDS). Valor del estrés: 0,14.

La Asociación I la caracterizaron 92 especies de las cuales 50 (54%) fueron diatomeas, 19 (21%) cianofitas, 19 (21%) clorofitas y cuatro (4%) euglenofitas. Para esta asociación se encontraron 24 especies exclusivas, siendo las mas abundantes *Cocconeis placentula*, *Cymbella prostata*, *Fragilaria striatula*, *F.*

pinnata, *Cos marium hornavanense*, *C. notabili*, *C. quadrifarum*, *C. rogesiacum*, *C. subtumidum*, *Oedogonium sp* y *Oscillatoria tenuis*.

la Asociación II la conformaron 43 especies, de las cuales 22 (51%) diatomeas, ocho cianofitas (19%), ocho clorofitas (19%) y cinco euglenofitas (12%). En esta asociación se reportó solo una especie exclusiva *Crucigenia sp* (clorofita).

La Asociación III la determinaron 86 especies, de las cuales 44 (51%) diatomeas, 23 (27%) cianofitas, 14 (16%) clorofitas y cinco (6%) euglenofitas. Se registraron 14 especies exclusivas para esta asociación, siendo las mas abundantes *Anomoeneis sp*, *Closterium kutzing*, *Closterium lineolatum*, *Gomphoneis*, *Mycrocystis sp 1*, *Oscillatoria geminata*, *Scenedesmus acuminatus* y *Strombomonas sp 1*.

Índice de calidad del agua (%).

Haciendo uso del índice simplificado de calidad de aguas (ISQA; Pratt, 1993; Aguilar, 2005; Costa y Pino, 2010), se estableció que existen diferencias entre estaciones debido al comportamiento de los parámetros evaluados (comparación de medianas, $p=0.00$; Figura 21; Tabla 5). En general las estaciones antes del Puente Salguero, tienen mayor calidad de las aguas (cercasas a 100), que las estaciones ubicadas más allá del sitio de referencia; esta última estación es la que presenta valores del índice de calidad más bajos.

Con respecto al índice de la calidad del agua (ICA), observamos que el Rio Cesar presenta en la mayoría de las estaciones una calidad medianamente buena exceptuando la estación de Guacocho con una calidad buena (ver tabla 5).

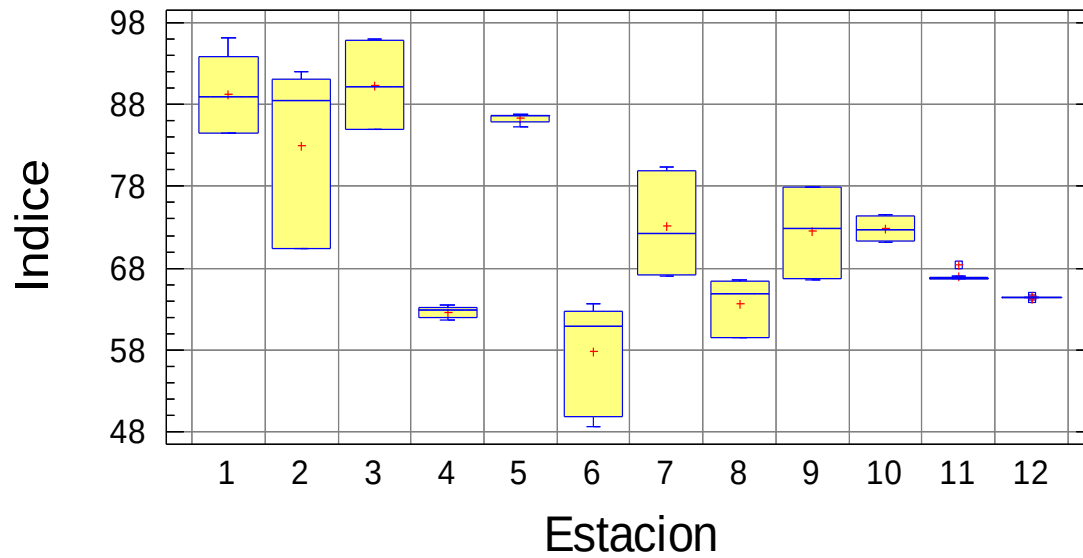


Figura 21. Diferencias entre estaciones, por la calidad del agua en el río Cesar y algunos de sus afluentes.

Tabla 5. Promedios de los Índices de calidad de aguas calculado para las estaciones de muestreo durante los cinco muestreos (ISQA) & (ICA).

Numero	Estación	Valor Índice (ISQA)	Valor Índice (ICA)
1	Veracruz	64,39	69
2	Rio Badillo	60,7	68,97
3	Guacochito	63,72	71,24
4	Puente Salguero	45,54	60,16
7	Las Pitillas	48,82	60,61
8	Puente Canoas	50,47	61,88
9	Rabo Largo	43,82	60,12
10	El Paso	47,12	66,11

9. DISCUSION

Muchas características de los ríos tropicales se atribuyen a la estacionalidad de las lluvias. Particularmente en zonas montañosas la precipitación es un factor clave de fuente directa de iones y disolución de rocas (Margalef, 1983). En la costa Caribe durante los meses de enero y febrero, el Zona de Convergencia Intertropical (ZCTI) llega a su máximo desplazamiento hacia el sur y es en esta época de anticiclones cuando se presentan las más bajas precipitaciones en el norte del país. Gracias a esta condición climática, en el mes de febrero se reportaron los valores más bajos de caudal. El caudal bajo y la acumulación de materiales orgánicos provenientes del sistema terrestre favorecen el incremento de nutrientes en el agua, donde los máximos valores de NO_2 , NO_3 y PO_4 se reportaron en la estación Puente Salguero. Esta situación comienza a cambiar en el mes de abril y se produce el cambio a tiempo ciclónico en el mes de mayo. Esto se ve reflejado en un incremento en el caudal en el mes de abril, este aumento del caudal cambia las concentraciones de PO_4 , NO_2 y N_2 , debido a que la materia orgánica acumulada en las zonas secas del lecho del río durante el periodo de bajo caudal, fueron arrastradas cuando el caudal presentó un leve incremento, presentando iguales descripciones los autores en otras cuencas (Rivera & Donato, 2008).

En este periodo se observaron los máximos valores de SST reportándose dos picos en la estación Río Badillo (tramo medio) y Rabo largo (tramo bajo). Los valores altos de DBO_5 caracterizaron esta época, lo cual se puede estar presentado por procesos de nitrificación, siendo este mes el periodo con mayor abundancia de cianobacterias, ya que en cuerpos de agua con altas poblaciones de bacterias nitrificantes ocurre una demanda adicional de oxígeno, por la oxidación de cualquier compuesto de nitrógeno no oxidado previamente. (Roldán & Ramírez, 2008).

Durante junio y julio, cuando el Cinturón de Convergencia está en el norte, su influencia es menor que en mayo y se acentúa hacia octubre, época en la cual se producen las mayores precipitaciones del año, situación que se mantiene hacia comienzos o mediados de noviembre durante el paso de la ZCIT de regreso al sur. En este periodo de caudales altos la concentración de nutrientes fue baja con respecto a los otros periodos como resultado del arrastre de todo el material acumulado en el cauce del río.

El fuerte control de la vegetación riparia en el régimen lumínico en los ríos limita la producción acuática y las redes alimentarias son consideradas dependientes a las fuentes terrestres de Carbono. La distribución de la biomasa y la distribución de plantas acuáticas en pequeños ríos son controladas por muchos factores; la luz es considerada uno de los más importante (Dudgeon, 2008; Hill, 1996). Los requerimientos óptimos de luz difieren entre varios grupos de algas y hay evidencia en que la intensidad de la luz es el principal factor discriminante en la composición de la comunidad de algas (Ghosh & Gaur, 1994; Hill, 1996). Por ejemplo, las clorofitas como grupo requieren mucha más intensidad de luz que las diatomeas y las cianofitas (Langdon, 1988) y algunas clorofitas filamentosas como *Spirogyra* no toleran condiciones de poca luz (Graham *et al.*, 1995). Esto se refleja en las estaciones del tramo bajo del río donde se observó el mayor número de clorofitas. Sin embargo, (Roldan & Ramírez, 2002) reportan que para el trópico, donde se dispone de más o menos la misma cantidad de luz a lo largo del año, este factor solo podrá ser limitante en las zonas profundas de lagos y embalses, donde no llega, y en orillas de lagos y ríos muy sombreados. También se tiene en cuenta que la turbidez es un factor limitante de luz y esto se ve reflejado en las zonas bajas del Río Cesar.

En la estructura de la comunidad perifítica influyen diversos factores físicos y químicos que están relacionados. Por tanto, cuando se estudia esta comunidad en sistemas fluctuantes (lóticos), es difícil encontrar los factores que la regulan (Gualtero, 2007). La densidad total se correlacionó de manera positiva con el pH y

conductividad y negativamente con SST y nitritos. A pH básico es donde mejor se desarrollan las comunidades de perifíton, ya que bajo estas condiciones los nutrientes (NO_3 , NO_2 y PO_4 , que estuvieron relacionados positivamente con la abundancia) están más disponibles al igual que los carbonatos y bicarbonatos que son fuente de Dióxido de Carbono en el agua. Los ríos son oligotróficos en su nacimiento, pero su conductividad y su concentración de iones aumentan progresivamente a medida que llegan a los valles, por efectos de erosión del cauce, el arrastre de sedimentos y escorrentía provocada por lluvias, los valores máximos de conductividad se encontró en el mes de agosto. En muchos ríos neotropicales estos valores aumentan drásticamente, por la actividad agrícola y la contaminación de origen industrial y doméstico (Roldán & Ramírez, 2008).

Las altas temperaturas favorecieron el crecimiento de algas verdes y cianobacterias, debido a que esta afecta al metabolismo fotosintético, a mayor temperatura las reacciones enzimáticas son más rápidas y el crecimiento celular aumenta, por ende una mayor densidad de células (Stevenson, 1996), sin embargo, las diatomeas aunque fueron mas diversas que las cianobacterias presentaron valores bajos en abundancia, esto es debido a que las diatomeas crece en rangos de 5°C a 20°C , mientras que , las algas verdes entre 15°C y 30°C y las cianobacterias a 30°C (DeNicola, 1996).

En los meses y estaciones de muestreo las diatomeas constituyeron un buen porcentaje en materia de riqueza (51,3%) de la comunidad epilítica, debido a la capacidad que tienen para desarrollarse en hábitats bentónicos; este medio ofrece una variedad de microhábitats disponibles para su colonización, junto con las variables hidrológicas, físicas y químicas definen el tipo de organismos que crecen en el sustrato (Round, 1984). De acuerdo a esto, se definen dos estrategias de crecimiento, el primero consiste en pequeñas diatomeas unicelulares adheridas a un sustrato en una forma postrada ofreciendo una mayor resistencia al flujo del agua y a las variaciones en el caudal (Peterson, 1986) y la segunda estrategia de crecimiento incluyen especies de mayor tamaño que poseen pedúnculos o

estructuras basales de adhesión y son encontradas en zonas de menores corrientes. Las especies más abundantes en época de mayor caudal fueron *Cocconeis placentula*, , *Navicula* spp, *Nitzschia* spp, y en época seca donde los caudales disminuían fueron abundantes especies como *Synedra ulna*, , *Gomphonema* spp, *Pinnularia* spp y *Surirella* spp.

La densidad de especies se correlacionó positivamente con la conductividad, por esto se observan altas densidades en las primeras estaciones y en el mes de agosto, sin embargo, durante esta época el lavado de los sustratos por el exceso de flujo mantiene la comunidad en etapas primarias desarrollo, por esta razón especies que poseen adaptaciones morfológicas tales como formas alargadas y presencia de rafe permiten mas la adhesión al sustrato, *Cocconeis placentula*, *Achnanthes* sp, *Cymbella* sp, y *Navicula* sp (Burkholder, 1996).

El Índice de la Calidad del Agua (ICA) determinó una calidad buena para la estación de Guacochito y para el resto de las estaciones una calidad media del agua en comparación con el otro índice alternativo donde algunas estaciones presentan una mala calidad del agua y el resto con una media, haciendo notar que este índice no es el apropiado para la caracterización de la Calidad del agua del Rio Cesar y que el índice ICA , es el mas utilizado y uno de los mas objetivos a la hora de dar unos resultados. Esta calidad del agua en el Rio, indica que las aguas del Rio Cesar presentan una buena característica y que las comunidades de algas perifíticas presentes hacen posible la presencia de especies que indiquen algún tipo de cambio. Las especies del género *Chroococcus* (cianofita) se reportaron como especies generalistas, es decir que estuvieron presente en todas las estaciones de muestreo; es un género que se halla invariablemente en hábitat de desmicias, donde el agua es mas ácida, indica también estratificación de aguas y empobrecimiento de la misma e alguna forma de contaminación (Márquez & Guillot, 1987) (fitoplancton agua dulce)), este género presentó las mayores densidades en la estación Puente Salguero, donde desembocan aguas residuales provenientes de la lagunas de oxidación de el sistema de tratamiento del mismo

nombre. Así mismo la morfoespecie *Merismopedia* sp (cianofita) que son muy frecuentes en aguas contaminadas y lagunas de oxidación, tuvo sus mayores abundancias en esta estación en la época de lluvias (agosto) debido del arrastre provenientes de estas lagunas al sistema. La morfoespecie *Microcystis* sp (cianofita) fue un organismo exclusivo de la Asociación III, es un género indicador de polución orgánica, y pueden reproducirse mucho en lagunas de estabilización y prefieren periodos lluviosos, sus mayores abundancias se reportaron en la estación Puente Salguero para el mes de junio.

Los géneros generalistas de cianofitas como *Anabaena*, de euglenofitas como *Euglena*, *Trachelomonas*, y *Phacus* y diatomeas como *Melosira varians* son indicadoras de aguas ricas en materia orgánica. Estos organismos estuvieron distribuidos ampliamente en las estaciones de muestreo, sin embargo, se reportaron altas densidades en las estaciones de Puente Salguero y Las Pitillas y El Paso. Las morfoespecies *Cymbella* sp, *Nitzschia* sp, *Surirella* y *Pinnularia* son características de aguas limpias y con un bajo contenido de materia organica, estas especies se observaron en mayores abundancias en la estación Rio Badillo, en esta zona se encuentran en Rio Badillo con el Rio César.

10. CONCLUSIONES

La comunidad de algas perifíticas en el tramo medio y bajo de la cuenca del Río Cesar estuvo conformada por 114 morfoespecies de algas entre diatomeas, cianofitas, euglenofitas y clorofitas, de las cuales las mas diversas fueron las diatomeas, y seguidas en abundancia por las cianobacterias. La densidad algal estuvo correlacionada positivamente con los valores de pH, conductividad y negativamente con los nitritos, mientras que la diversidad se correlacionó positivamente con los nitritos y fosfatos y negativamente con los valores de fosfatos.

Las estaciones estudiadas al tener una influencia antrópica muy severa, determinó la composición de la comunidad de algas, gracias a los grandes aportes de nutrientes provenientes de lagunas de oxidación presentes en estaciones como Puente Salguero.

El Índice de la Calidad del Agua (ICA) consideró las estaciones como calidad buena(verde) y calidad media (amarillo) de agua, los ensamblaje de algas perifíticas reflejan estas características de las condiciones ambientales de las estaciones del río cesar.

El análisis de las características biológicas de las especies de algas perifíticas del Río Cesar, identifican el sector de puente salguero como el punto mas critico de contaminación orgánica del sistema, y que su influencia logra verse en las estaciones rio abajo del vertimiento.

La dinámica del ensamblaje de algas perifíticas y la variación de la abundancia en el tiempo indica que las lluvias son un dinamizador de las condiciones física y químicas del rio, que junto con los efectos mecánicos de arrastre de los altos caudales y la difusión de algunas sustancias químicas del agua se reflejan en la

composición de las algas perifíticas del Rio Cesar, por lo tanto el uso de las algas perifíticas como bioindicadores del rio cesar tiene un gran potencial.

La dinámica que muestran algunas especies de algas periticas de interés sanitario (*Cymbella* sp, *Nitzschia* sp, *Surirella*, *Pinnularia*, etc.), por su adaptaciones biológicas, son una gran herramienta para el seguimiento en el Rio Cesar y permiten destacar la estación de puente salguero como un sitio de interés para los posibles planes de manejo o restauración ambiental del Rio Cesar.

11. RECOMENDACIONES

Como este trabajo es un estudio exploratorio se recomienda realizar investigaciones en taxonomía y ecología de las algas, a lo largo de toda la cuenca (parte alta, media y baja)

Realizar muestreos mensuales para observar cambios en la estructura de la comunidad de algas bentónicas con respecto a las variables fisicoquímicas e hidrológicas.

Evaluar la fisiología de las algas más representativas del área para entender los procesos ecológicos del hábitat.

Evaluar la estructura de la comunidad de las algas con respecto a los tipos de sustratos que se encuentran en la cuenca, como hojas, madera y sedimento.

Realizar bioensayos de seguimientos diarios de los cambios en la comunidad de algas y en las variables ambientales para observar cambios en la estructura y la influencia de las variables ambientales sobre esta.

BIBLIOGRAFIA

ACHÀ, D., FONTÚRBEL, F., MONDACA, D., & ZAMBRANA, I. 1999. Introducción a la Botánica: Manual universitario. Laboratorio de Biología “San Calixto”. La Paz-Bolivia. Pags.154. ISBN: 99905-56.-00-8.

ACOSTA, N., CONSUEGRA, F. & DÍAZ, Y. 2005. Composición de la comunidad fitoplanctonica y su relación con los parámetros físicos, químicos y fisicoquímicos en el embalse del Guájaro Atlántico-Colombia. Trabajo de grado. Universidad del Atlántico. Pág., 26-40.

ADRAMUNIO, A., ACERO, C., DUQUE, S., & SIERRA, C. (2009). Estudio suseccional-espacial de la comunidad fitoperifítica asociada a *Paspalum repens* en el lago Tarapoto (Amazonía Colombiana). *Revista de Ciencias*, 12, 57-72.

ALLAN, D. (1995). *Stream Ecology* . USA: Champall & Hall.

ALLAN, D., & CASTILLO, M. (2007). *Stream Ecology Structure and Function of Running Waters* (segunda edicion ed.). Netherland: Springer.

ANGULO, J. & RENGIFO, J. 2003. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de la eficiencia del sistema de lagunas de estabilización “el Tarullal” municipio de Valledupar, Departamento del Cesar –Colombia. Universidad del valle - Instituto Cinara. Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales.

APHA. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Ed. Washington, D.C.: American Public Health Association.

ARCINIEGAS, D. & FERREIRA, K. 2003. Distribución Espacio–Temporal de los Gastropodos bentónicos en la Ciénaga El Rincón, Puerto Colombia. Departamento

del Atlántico, Colombia, y su relación con algunos parámetros Fisicoquímicas del agua entre Septiembre de 2001 y Agosto del 2002. Trabajo de grado. Universidad del Atlántico.

ARCOS, M. & GÓMEZ, A.C. 2006. Microalgas perifíticas como bioindicadores del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboqué, Bogotá D.C., Colombia NOVA, Vol. 4 (6): 60-79.

BÁEZ, A., & HERNÁNDEZ, C. 2001. Composición de especies y variación temporal de las comunidades de Perifiton de substratos artificiales en la ciénaga de Pajalal, Caribe colombiano, San Andrés.

BARBOUR MT, GERRITSEN J, ZINDER BD, STRIBLING JB. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2 ed. Washington: Environmental Protection Agency Office of Water.

BOURRELY, P. 1966. Les algues d'eau douce I. Les algues vertes. Paris: N. Boubée. & Cie., Ed.

BOURRELY, P. 1968. Les algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Les algues d' eau douce II. Paris. N. Boubée. & Cie., Ed.

BOURRELY, P. 1970. Les algues d' eau douce. Initiation a la Systematique III. "Les algues Blues et rouges, Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines". Paris. N. Boubée. & Cie., Ed.

Burkholder, J. (1996). Interactions of benthic algae with their substrata. En J. Stevenson, *Algal Ecology*. San Diego: Academic Press.

BUSTAMANTE, C., MEJÍA, C., COHECHA, S. & DÍAZ, J. 2008. Composición y abundancia de la comunidad de fitoperifiton en el Río Quindío. Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental. Facultad de Educación. Universidad del Quindío. Revista. invest. univ. Quindio (18). Pág. 15-21.

CASCO, M. A. 1989. El perifiton del embalse de La Minilla. Relaciones con el fitoplancton y contribución a la producción total. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. 373 pp.

CASCO, M & TOJA, J. 2003. Efecto de la fluctuación de nivel del agua en la biomasa, la diversidad y las estrategias del perifiton de los embalses. Departamento Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. La Plata Argentina. Revista Limnetica 22(1-2). Pág. 115-134. ISSN: 0213-8409.

CHAPARRO, V. ND. Plantas no vasculares modulo: Algas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, departamento de Biología. Santa Fe de Bogotá D.C. Pag.182.

CORPOGUAJIRA. (2010) registro de usuarios del Recurso Hídrico y Reglamentación de la corriente de la Cuenca del Río Cesar.

CORREL, D. 1998. The role of phosphorous in the eutrophication of receiving water. *A Review of The Journal of Environmental Quality*, 27, 261-266.

CRUZ, V. & SALAZAR, P. 1989. Biomasa y producción primaria del Perifiton en una sábana inundable de Venezuela. Instituto de zoología tropical. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Rrv. Hydrobiol. frop 22 (,3). Pág. 213-222.

DÍAZ, C., & RIVERA, C. 2004. Daitomeas de ´pequeños ríos andinos y su utilización.

DONATO, J., GONZALEZ, E., & RODRIGUEZ, L. 1996. Ecología de dos ecosistemas acuáticos de páramo. Bogotá, Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

DONATO, J., & MARTÍNEZ, L. 2003. Efectos del caudal sobre la colonización de algas perifíticas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). *Caldasia*, 25(2), 337-354.

DONATO, J. 2008. Ecología de un Río de montaña de los Andes Colombianos (Río Tota, Boyacá). Universidad Nacional. Bogotá. ISBN, 978-958-719-040-3. Pág., 17.

DUDGEON, D. 2008. *Tropical Stream Ecology*. San Diego: Academic Press.

ESTÉVEZ, F. 1998. Fundamentos de Limnología. Editora intercencias Ltda. Brasil. 575p.

FOLLET, R. 2001. Nitrogen transformation and transport processes. *Elsevier Science*, 17-44.

FRANCOEUR, S. 2011. Meta-analysis of lotic nutrient amendment experiments: detecting and quantifying subtle responses. *Journal of the North American Benthological Society*, 27, 358-368.

GARCÍA, J. D. & GONZÁLEZ, T .M. 1995. "Restauración de ríos y riberas". Fundación Conde del Valle de Salazar, E.T.S. Ingenieros de Montes Universidad Politécnica de Madrid. España.

GARI, N. & CORIGLIANO, M. 2004. La estructura del perifiton y de la deriva algal en arroyos serranos. Departamentos de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Rio Cuarto. República de Argentina. Revista Limnetica 23 (1-2). Pág. 11-24. ISSN: 0213-8409

GIORGIO, A & FEIJOÓ, C. 2010. Variación temporal de la biomasa del perifiton de Egeria densa Planch. En un arroyo pampeano. Revista Limnetica. Argentina. Vol. 29. N° 2. Pág. 269-278. ISSN: 0213-8409.

GOYENOLA, G. 2007. Determinación del PH. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos (RED MAPSA). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras.

GOSH, M., & GAUR, J. 1998. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquatic Botany*, 60(1), 1-10.

GRAHAM, L., & WILCOX, L. 2000. *Algae*. New Jersey: Prentice Hall.

GRAHAM, J., LEMBI, C., ADRIAN, H., & SPENCER, D. 1995. Physiological responses to temperature and irradiance in Spirogyra (Zygnematales, Charophyceae). *J. of Phycology*, 531–540.

GUALTERO, D. 2007. Composición y Abundancia de las algas bénticas de cinco sistemas loticos de puerto rico. puerto rico: tesis maestría.

GUASCH, H.E. MARTÌ & S. SABATER. 1995. Nutrient enrichment effects on biofilm metabolism in Mediterranean streams. *Freshwater Biology*, 33: 373-383.

GUSTAVSSON, K. 1978. Diel drift of diatoms in an equatorial river. *Oikos*, 31: 38-40.

HAUER, R., & LAMBERTI, A. 1996. *Methods in Stream Ecology*. USA: Academic Press.

HERNÁNDEZ, E., AGUIRRE, N.J., PALACIO, J., & RAMÍREZ, J. J. 2008. Variación espacio temporal de la asociación fitoplanctónica en diferentes momentos del pulso hidrológico en la Ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Actualidades Biológicas* 30: pp. 67- 81.

HILL, W. 1996. Effects of light . En S. RJ, *Algal Ecology* (págs. 121-148). San Diego: Academic Press.

HOMER, R., WELCH, E., SEELEY, M., & JACOBY, J. 1990. Responses of periphyton to changes in current velocity, suspended sediment and phosphorus concentration. *Freshwater Biol.*, 24, 215-232.

HUET, M. 1954. Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. Bulletin Francais de Pisciculture, 175: 41-53.

HUTCHINSON, G. 1975. A treatise of limnology III. *Limnological Botany*.

HYNES, H. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Toronto: University of Toronto.

INSERENTANT, R. 1987. Quelques réflexions sur la notion de périphyton. Can. Biol. Mar., 28: 297-302.

IZCO, J. et al. 1997. *Botanica*. McGraw-Hill- Interamericana de España, Madrid.

JUNK, W.J., BAYLEY, P. & SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. En: D.P. Dodge (Ed.). Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106:110-127.

LEE, R.E. 1999. Phycology. Cambridge University Press, Cambridge. United Kingdom.

LEUKART, P. & MOLLENHAUER, D. 1997. Studies on algal drift in a small soft-water stream in the spessart mountains, Germany. Nova Hedwigia, 65 (1-4): 431-442.

LUJÁN, A. 2000. Las algas, indicadores de la calidad del agua. Interciencia. UNRC, Río Cuarto, 4(4). Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Ciencias Naturales, UNRC.

MANAHAN, S.E. 2007. Introducción a la Química Ambiental. Editorial Revertè. Universidad Autónoma Regional de México. Pag.1-301, ISBN: 978-6708-60-X.

MARQUEZ., G; GUILLOT, G. 1987. "Estudios ecológicos de los embalses Colombianos." (Etapa prospectiva. Informe final presentado a Fen). Bogotá

MARTÍN, G., ALCALÁ, E., SOLÁ, C., PLAZUELO, A., BURGOS, MD., REYES, E. & TOJA, J. 2004. Efecto de la contaminación minera sobre el perifiton del río Guadamar. Departamento Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla; Universidad de Barcelona. Revista Limnetica 23 (3-4). Pág. 315-330. ISSN: 0213-8409.

MARTÍNEZ, L. & DONATO, J. 2003. Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un Río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Limnología. Revista Caldasia 25 (2). Pág. 337-354.

MOSCHINI, C. V. 1996. Dinâmica e Estrutura da Comunidade Perifítica (substratos artificial e natural), na Zona de Desembocadura do Rio Paranapanema, represa de Jurumirim-SP. Tesis doctoral. Universidad Federal de Brasil. Sao Carlos, Brasil.

MOSISCH, T., BUNN, S., & DAVIES, P. 2001. The relative importance of shading and nutrients on algal production in subtropical streams. *Freshw. Biol*, 46, 1269–1278.

MULLER- HAECKEL, A. 1976. Migrationsperiodik einzelliger Algen in Fliessgewässern. *Vaxtekol. Studier*, 10: 1-36.

NUÑEZ, J. & VILLERO, J. ND. Diagnostico de la calidad del agua en el sistema de lagunas de estabilizacion “el tarullal” de la ciudad de Valledupar (Colombia) al igual que su fuente receptora rio guatapuri utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentonicos como bioindicadores. Consultorias Y Proyectos Del Cesar Ltda.

ORTEGA, M. 1984. Catálogo de algas continentales recientes de México. Primera edición. Universidad Autónoma de México.

PARRA, O; RIVERA, P; GONZÁLEZ, M ; DELLAROSSA, V; ORELLANA, M. 1982. Manual Taxonómico del Fitoplancton de aguas continentales. Bacillariophyceae. Chile: Universidad de Concepción.

PÉREZ, R, PINEDA, R & MEDINA, M. 2007. Integridad biótica de ambientes acuáticos. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología. México. Pág. 83.

PETERSON, C., & STEVENSON, R. 1992. Some Aspects of the Ecology of Freshwater Algae: (With Special Reference to Static Waters). *Journal of Ecology*, 19(2), 233-272.

PILEOU, E. 1969. An introduction to the mathematical theory of communication. Wiley.

PIZARRO, H. & E. ALEMANNI, 2005, "Variables físico-químicas del agua y su influencia en la biomasa del perifiton en un tramo inferior del Río Luján, Provincia de Buenos Aires", en *Ecología Austral* 15:73-88.

RAMÍREZ, J. 2000. Fitoplancton del agua dulce: bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. Págs. 207.

RAMÍREZ, A. & DÍAZ, Y. 2008. Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. Escuela de Biología. Universidad Industrial de Santander. Acta biol. Colombiana Vol. 13 No. 1. Pág. 199-216.

RIVERA, C & DONATO, J. 2008. Influencia de las Variaciones Hidrológicas y químicas sobre la Diversidad de Diatomeas Bénticas. En: *Ecología de un Río de Montaña de los Andes Colombianos (Rio Tota, Boyacá)*. Universidad Nacional de Colombia.

RIVERA, M. & GÓMEZ, L. 2010. Identificación de Cianobacterias potencialmente productoras de Cianotoxinas en la curva de salguero del río cesar. *Revista Luna Azul*, N° 31. ISSN 1909-2474. Universidad de Caldas, Manizales.

RODRÍGUEZ, P., PIZARRO, H. & MAIDANA, N., DOS SANTOS AFONSO, M. & BONAVENTURA, SM. Environmental factors affecting the epixylic algae from a

polluted lowland river of Buenos Aires province (Argentina). *Cryptogamie, Algologie* (en prensa).

ROJAS, A. 2005. Diversidad bacteriana en el Perifiton de raíces de *Eichhornia* sp. *Pistia* sp. y *Azolla* sp. en un humedal artificial de la Universidad EARTH. Trabajo de grado. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago (Costa Rica).

ROLDAN, G. 1992, fundamentos de limnología neotropical, primera edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. ISBN, 958-655-081-8. Pág. 358.

ROLDÁN, G. & RAMÍREZ, J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda Edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. ISBN, 978-958-714-144-3. Pág. 79-80.

ROMANÍ, A. 2001. Biofilms Fluvial. Institut d` Estudis Catalans d` Ecología, Arxius de les Seccions de Ciències, Secció de Ciències Biològiques. Barcelona. 254 pp.

ROUND, F. 1984. *The ecology of algae*. New York: Cambridge University.

RUPPERT, E.E. & BARNES, R.D. 1996. Zoología dos invertebrados. ("invertebrate Zoology"). 6 ed. São Paulo, Roca.

SHANNON, C; WEAVER, W. 1949. The Mathematical theory of communication. Ed Press.

STEVENSON, R.J., M.L.BOTHWELL & R.L. LOWE. 1996. Algal Ecology. Academic Press. California. USA. 753 pp.

STOCKNER, J., & SHORTREED, K. 1978. Enhancement of autotrophic production by nutrient addition in a coastal rainforest stream on Vancouver Island. *Journal of Fisheries Research Board of Canadá*, 35, 28-35.

STREBLE, H. & KRAUTER, D. 1987. Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce. Omega S.A., Barcelona. Págs. 371.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitt. Int. verein. Limnol. 9: 1-38.

VILLAFañE, V.E. & REID, F.M.H. 1995. Métodos de microscopia para la cuantificación del fitoplancton. In Manual de métodos ficológicos (Alveal, K., Ferrario, M.E., Oliveira, E.C. & Sar, E., editors). Pág. 169185. Universidad de Concepción, Chile.

WARD, J.V.1994. The structure and dynamics of lotic ecosystems'. En: R. Margalef (Ed.). Limnology now. Aparadigm of planetary problems. Pp. 195-218. Elsevier Science B.V. Amsterdam.

WETZEL. 1975. *Limnology*. Philadelphia, Pennsylvania, USA.: Saunder.

WETZEL, R. G. 1983. Opening remarks. En: Periphyon of freshwater ecosystems. WETZEL R. G. (Ed.). 3-4. Dr. Junk Publishers. The Hague.

WETZEL, G. 2001. *Limnological Analysis* (Tercera Edición ed.). Berlín: Springer Verlag.

ZAPATA, A., & DONATO, J. 2008. Regulación hidrológica de la biomasa algal béntica. En J. Donato, *Ecología de un río de montaña de los Andes Colombianos (Río Tota, Boyacá)* (Primera Edición ed., págs. 103-125). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Tomado de <http://www.todacolombia.com/departamentos/cesar.html#1> el día 1 de octubre del 2011

Tomado de <http://www.valledupar.com/laciudad.html> el día 1 de octubre del 2011.

ANEXOS

Morfospecies	M1_EST.1	M1_EST.2	M1_EST.3	M1_EST.4	M1_EST.5	M1_EST.6	M1_EST.7	M1_EST.8	M2_EST.1	M2_EST.2	M2_EST.3	M2_EST.4	M2_EST.5	M2_EST.6	M2_EST.7	M2_EST.8	M3_EST.1	M3_EST.2	M3_EST.3	M3_EST.4	M3_EST.5	M3_EST.6	M3_EST.7	M3_EST.8	M4_EST.1	M4_EST.2	M4_EST.3	M4_EST.4	M4_EST.5	M4_EST.6	M4_EST.7	M4_EST.8	
Amphora ovalis	1	0.5	5.25	3	0.5	1	2	0.5	1.5	0	0.5	0.75	0	0	1	0	0.25	0	1.25	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Amphora sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Andania sp1	0.5	8	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0.25	0	1.5	0	0	1.5	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	306	0	23.25
Ankistrodromus foliata	1.5	1	3	2.5	3	1.5	3	2.25	1	0	0.5	0	0	0	0	0	3	0	0.25	0	0.25	0	1	0	0.25	0	2	0	0.25	0.5	0	0	0
Anomomelis	0	0	0	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Choralea sp1	1.5	0	0	8	0.5	0.5	4	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.25	2	0	0.25	0	0	0	0.25	1	2.5	3.75	0.25	1.25	1.5	1.5	
Chroococcus sp1	1.5	0	1.5	5.5	4.5	3	0	1.5	0	0.75	1	0	0	0	0	0	1.5	5	0	24.75	0.5	2	3	3	2	1	1.5	56	62	0.5	41	0	
Closterium danae	6.5	14	5	2.5	0	0.5	2.5	2	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0.75	0	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	
Closterium hatching	0	1	1	0.5	0	0.25	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	
Closterium lineolatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0.5	1.5	0	
Closterium sp1	2.5	10.5	4	5	5.25	5	5	5	0	0	1	0	1	1	0	0.25	1	0.25	1.75	0	2.5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cocconeis placentula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0.5	0	1.5	
Cocconeis sp1	1	0	1.5	2.5	0.5	0.5	2.25	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0.5	1	0	1.75	2	1	0	1.5	0	0	0	0	0.75	0	0.5	
Coelastrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.25	0	0	1	
Cosmarium contractum	0.25	0	0	0	0	0.5	0.5	1	2	0.25	0.5	0	0.25	0.25	0	0.5	0.25	2.25	0	0.25	0	1.5	0	0	1	0.25	0	0	0	0	0	0	0
Cosmarium homannense	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	
Cosmarium notabil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	
Cosmarium quadrifarium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	
Cosmarium rogersianum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	
Cosmarium sp 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Cosmarium subdolum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	
Crozierella sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyclotella meneghiniana	4.25	0	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	2.5	0	0	0	0.5	0.5	
Cyclotella sp1	5	0	2.5	0.5	2	0	2	0	0	0	0	0.25	0	0.25	0	1	0.75	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	1
Cylindrocapsa	0	0	4	8	2.5	0.5	4.5	4.25	0	0	0.5	0	0	0	0	0	4	0	2	0.25	4.75	2.5	0	0	6	0	0	0	1	0	2	0	0
Cymatopleura axilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1	0.25	0	0.5	2.5	1.5	2	0	
Cymbella mexicana	6.5	0	0	1.5	1	0	0.5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.25	0	0	0	1.5	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0
Cymbella prostrata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	
Cymbella viridis	6	2	0	5	7	5	2	2.25	1.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0.5	2.5	2.5	0.75	1	1.5	2.5	1	1.5	0.75	2.5	0	0.25	1	0.25	1.5	0	0
Diploneis ovalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Euglena sp1	0.5	6	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	1.5	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	1	0	0	0	0	
Euglena sp2	0	5	0	1.25	0	0	1.5	0	0	0	0	0.75	0	0	0.25	0.25	2.5	0	0.75	5	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eutima	0.5	0	0	1	0	0.25	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fragilaria contracta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5.5	2	0	0.25	0	0	0	0	4
Fragilaria crotonensis	3	2	3.5	3	2.5	2	2.5	4	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0.75	3.5	17.25	5	3	3	0	2.5	0.5	0.5	3.5	0	1	0	0	0
Fragilaria lupulina	3	1.5	3	5	5	4.5	3	5.25	0.25	1.25	0	0.5	0	0	0	0	1.5	2.5	6	14	11.25	6.5	4	0	2.5	4.5	0.25	6	0.5	4	2	1	0
Fragilaria lyngbye	4	0	0.5	2	1.25	0.5	2.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8.5	5	3	2	0	0.25	0.25	3	0	0.5	0	0.5	
Fragilaria prostrata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0
Fragilaria striatula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	
Gomphonema	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gomphonema gracile	13.25	1.5	0.5	6.5	0	3.25	7	5.75	3	0	0	0.25	0	0	0	0	1	1.5	0.25	1.25	0	0	1	1	0	1	0	1.25	0.25	2	7	0.5	0
Gomphonema latum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1.5	0	
Gyrodinium sp1	8.5	5	0	2.5	0.25	0	0.5	0	0.25	0	0.5	0	0	0	1	0	13.25	0	3.75	5.5	2	1	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lyngbya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melosira laticia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melosira varians	3	4.5	0	3.5	1.5	2.5	11.5	3	0	1	1	0	0	0.25	0	0	2.75	0.75	0.25	0	0	0.5	0	0	1	0	1	0	1	0	1.5	0	0
Merismopodia	0	0	0.25	0	0.5	0.75	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	1.5	0.25	0	0
Myxocapsa sp1	3	1	0	1	0	0	0	1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myxocystis sp2	2.75	1.5	0	1.5	3	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1.5	26	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	3.75	0	0	10.25	0	0
Navicula caespitosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula gracilis	2.5	4.5	4	0	1	3	2.5	3	1	0.5	0	0	0	0	0	0	3	1.5	1	1.75	0.25	1.5	0.5	0	0	10.5	0.25	6	1.5	7	0	4	
Navicula lineolata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Navicula rogersii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula striatula	8	10.5	8	12	8.5	8.5	8	10	8.5	5.5	5	5	1.5																				

	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		11,361	11,505	12,025
ABR	0,12364		0,11447	1,5839
JUN	0,11805	1		1,1205
AGO	0,099754	0,97926	0,99264	

CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		2,7954	1,6802	4,5426	4,8662	4,0569	5,1841	5,1016
2	0,42426		0,36665	0,25838	0,29761	3,3819	0,38936	0,36623
3	0,64134	0,94704		1,2773	1,3129	5,2665	1,2977	1,3279
4	0,20852	0,96766	0,73452		0,069652	6,0616	0,54893	0,28813
5	0,18186	0,96048	0,72607	0,99521		8,519	0,28815	0,091458
6	0,25539	0,3364	0,15329	0,10865	0,03642		12,374	10,758
7	0,1588	0,94243	0,72967	0,90802	0,96224	0,0062053		0,082494
8	0,1645	0,94713	0,72253	0,96224	0,99284	0,013108	0,99385	

Anexo 2. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para caudal con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES				
	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		0,90227	0,40499	0,5175
ABR	0,99625		0,456	0,20792
JUN	0,99973	0,99959		0,19382
AGO	0,99938	0,99992	0,99998	

CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0,65716	0,29295	0,53055	0,17945	0,52845	0,4094	0,55288
2	0,88323		0,22969	0,18317	0,16661	0,081628	0,10408	0,03551
3	0,96135	0,97266		0,30342	0,08705	0,23442	0,10618	0,21397
4	0,91213	0,98026	0,95938		0,13718	0,025243	0,058757	0,063365
5	0,98084	0,98279	0,99334	0,98703		0,098805	0,052023	0,10218
6	0,9126	0,99395	0,97185	0,99894	0,99198		0,031513	0,0097781
7	0,93829	0,99134	0,99109	0,99628	0,99689	0,99853		0,038101
8	0,90713	0,99824	0,9753	0,99584	0,99158	0,99974	0,99804	

Anexo 3. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para temperatura con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones.

CHI CUADRADO-MESES								
	FEB	ABR	JUN	AGO				
FEB		2,5519	4,193	3,7235				
ABR	0,92314		0,42625	0,46897				
JUN	0,7573	0,99967		0,80259				
AGO	0,81102	0,99955	0,99742					
CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0,015294	0,069896	0,69271	3,0159	0,057393	0,32986	0,38273
2	0,9995		0,069993	0,73447	3,1522	0,078828	0,2609	0,38178
3	0,99519	0,99518		0,50582	2,7939	0,16859	0,45371	0,39986
4	0,87492	0,86507	0,91761		1,2551	0,70645	1,08	0,56059
5	0,38917	0,36875	0,4245	0,73981		2,7417	3,2517	1,9602
6	0,99641	0,99425	0,98249	0,87169	0,43319		0,19668	0,18861
7	0,95432	0,96721	0,92894	0,78192	0,35443	0,97812		0,213
8	0,94379	0,94398	0,94027	0,90539	0,5807	0,97941	0,97546	

Anexo 4. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para oxígeno disuelto con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES								
	FEB	ABR	JUN	AGO				
FEB		36,723	6,10E+01	4,99E+01				
ABR	5,29E-06		8,0034	4,9718				
JUN	9,69E-11	0,33229		16,435				
AGO	1,50E-08	0,6634	0,021426					
CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0,27138	0,47266	7,3189	39,328	0,47396	6,1152	6,0607
2	0,96532		1,2899	10,143	44,384	0,7278	6,4214	7,3036
3	0,92486	7,32E-01		4,9448	34,888	1,3323	8,7447	7,5451
4	0,062399	1,74E-02	1,76E-01		16,243	6,7447	16,022	11,64
5	1,48E-08	1,25E-09	1,29E-07	1,01E-03		36,481	47,642	39,469
6	9,25E-01	8,67E-01	7,21E-01	8,05E-02	5,93E-08		4,3162	4,6413
7	1,06E-01	9,28E-02	3,29E-02	1,12E-03	2,54E-10	2,29E-01		0,89363
8	1,09E-01	6,28E-02	5,64E-02	8,72E-03	1,38E-08	2,00E-01	8,27E-01	

Anexo 5. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para saturación de oxígeno con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES				
	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		0,05857	0,085661	0,074738
ABR	1		0,024923	0,026592
JUN	1	1		0,0038393
AGO	1	1	1	

CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0,0099537	0,043981	0,035844	0,032087	0,10603	0,13558	0,06801
2	0,99974		0,04245	0,057289	0,049148	0,098756	0,12093	0,073907
3	0,99758	0,9977		0,023948	0,016893	0,023893	0,044118	0,019777
4	0,99821	0,99642	0,99902		0,00089892	0,03904	0,060161	0,012665
5	0,99849	0,99714	0,99942	0,99999		0,034151	0,055322	0,011574
6	0,9911	0,99199	0,99902	0,99797	0,99834		0,0039884	0,0084162
7	0,98725	0,98921	0,99757	0,99615	0,9966	0,99993		0,017821
8	0,99538	0,99477	0,99926	0,99962	0,99967	0,9998	0,99937	

Anexo 6. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para pH oxigeno con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES				
	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		74,963	29,386	180,54
ABR	1,46E-13		99,782	102
JUN	1,23E-04	1,20E-18		118,26
AGO	1,50E-35	4,17E-19	1,77E-22	

CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		28,602	132,83	32,68	48,13	64,476	39,958	12,251
2	2,72E-06		85,834	10,296	10,921	19,33	8,0481	21,42
3	1,33E-28	1,72E-18		151,48	150,14	152,13	144,22	74,909
4	3,76E-07	1,62E-02	1,26E-32		1,7043	9,3328	0,73959	45,903
5	2,00E-10	1,22E-02	2,45E-32	6,36E-01		5,1807	0,49855	57,521
6	6,49E-14	2,34E-04	9,14E-33	2,52E-02	1,59E-01		7,4398	70,263
7	1,09E-08	4,50E-02	4,65E-31	8,64E-01	9,19E-01	5,91E-02		48,646
8	6,57E-03	8,61E-05	3,79E-16	5,95E-10	1,99E-12	3,75E-15	1,55E-10	

Anexo 7. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para conductividad con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES				
	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		250,4	241,08	221,77
ABR	2,27E-50		280,24	275,32
JUN	2,19E-48	9,98E-57		4,3314
AGO	2,78E-44	1,12E-55	7,41E-01	

CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		194,8	14,991	8,5738	8,9858	63,401	112,76	161,99
2	5,60E-42		166,69	227,07	192,4	90,699	117,84	222,91
3	1,82E-03	6,60E-36		8,8049	16,582	25,867	65,194	124,77
4	3,55E-02	5,94E-49	3,20E-02		28,974	54,21	97,919	139,5
5	2,95E-02	1,85E-41	8,61E-04	2,27E-06		62,311	125,9	200,22
6	1,10E-13	1,55E-19	1,02E-05	1,01E-11	1,88E-13		11,135	83,053
7	2,80E-24	2,25E-25	4,56E-14	4,35E-21	4,14E-27	1,10E-02		56,124
8	6,81E-35	4,73E-48	7,25E-27	4,86E-30	3,78E-43	6,79E-18	3,95E-12	

Anexo 8. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para SST con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES				
	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		289,6	172,13	178,74
ABR	1,00E-58		137,35	148,29
JUN	8,92E-34	1,83E-26		0,18188
AGO	3,60E-35	9,30E-29	1,00E+00	

CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		122,65	16,716	27,405	4,709	48,435	67,245	139,59
2	2,08E-26		44,93	172,15	100,97	150,37	163,5	264,28
3	8,09E-04	9,58E-10		8,385	10,314	4,8306	7,7556	41,988
4	4,84E-06	4,37E-37	3,87E-02		32,485	8,1735	15,573	54,284
5	1,94E-01	9,60E-22	1,61E-02	4,14E-07		42,468	59,027	137,09
6	1,72E-10	2,20E-32	1,85E-01	4,26E-02	3,19E-09		1,6058	45,43
7	1,66E-14	3,22E-35	5,13E-02	1,39E-03	9,49E-13	6,58E-01		41,561
8	4,64E-30	5,34E-57	4,04E-09	9,76E-12	1,60E-29	7,50E-10	4,97E-09	

Anexo 9. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para turbidez con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES				
	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		0	25,062	25,062
ABR	1		25,062	25,062
JUN	0,00073969	0,00073969		0
AGO	0,00073969	0,00073969	1	

CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0	1,3536	9,1258	3,4194	0,0085693	0,26406	3,561
2	1		1,3536	9,1258	3,4194	0,0085693	0,26406	3,561
3	0,71645	0,71645		23,266	10,425	1,4172	3,2086	0,50385
4	0,027664	0,027664	3,55E-05		0,64135	12,1	7,688	39,794
5	0,33137	0,33137	1,53E-02	8,87E-01		4,3472	2,2644	17,896
6	0,99979	0,99979	7,02E-01	7,05E-03	2,26E-01		0,38877	3,9914
7	0,96664	0,96664	3,61E-01	5,29E-02	5,19E-01	9,43E-01		7,2758
8	0,31293	0,31293	9,18E-01	1,18E-08	4,62E-04	2,62E-01	6,36E-02	

Anexo 10. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para DBO₅ con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES				
	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		367,09	589,17	498,53
ABR	2,69E-75		107,85	96,304
JUN	5,22E-123	2,56E-20		1,5058
AGO	1,66E-103	6,25E-18	9,82E-01	

CHI CUADRADO-ESTACION								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		64,727	13,795	468,1	52,097	43,542	23,251	118,03
2	5,74E-14		67,563	50,859	116,18	2,4024	96,781	161,2
3	3,20E-03	1,42E-14		296,4	0,85117	53,028	0,65929	16,06
4	3,91E-101	5,24E-11	5,97E-64		546,77	92,843	491,53	613,02
5	2,86E-11	5,14E-25	8,37E-01	3,48E-118		83,058	6,6099	27,997
6	1,89E-09	4,93E-01	1,81E-11	5,37E-20	6,78E-18		69,47	133,16
7	3,58E-05	7,65E-21	8,83E-01	3,27E-106	8,54E-02	5,54E-15		40,855
8	2,05E-25	1,01E-34	1,10E-03	1,52E-132	3,64E-06	1,13E-28	7,02E-09	

Anexo 11. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para nitratos con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES				
	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		46,819	0,3114	0,78729
ABR	6,05E-08		80,729	57,103
JUN	1,00E+00	9,78E-15		1,0635
AGO	9,98E-01	5,70E-10	9,94E-01	

CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		2,0881	1,6993	2,5843	0,34534	1,0939	0,14876	7,1579
2	5,54E-01		0,14434	15,984	0,16285	0,0817	1,4552	3,1316
3	6,37E-01	9,86E-01		12,892	0,20621	0,21956	1,4924	3,4334
4	4,60E-01	1,14E-03	4,88E-03		3,4598	10,005	3,4829	35,074
5	9,51E-01	9,83E-01	9,77E-01	3,26E-01		0,07471	0,22098	2,209
6	7,79E-01	9,94E-01	9,74E-01	1,85E-02	9,95E-01		0,71526	3,3205
7	9,85E-01	6,93E-01	6,84E-01	3,23E-01	9,74E-01	8,70E-01		5,5255
8	6,70E-02	3,72E-01	3,30E-01	1,18E-07	5,30E-01	3,45E-01	1,37E-01	

Anexo 12. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para nitritos con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones

CHI CUADRADO-MESES				
	FEB	ABR	JUN	AGO
FEB		115,45	5,2631	3,6157
ABR	6,76E-22		78,88	123,29
JUN	6,28E-01	2,33E-14		8,8515
AGO	8,23E-01	1,58E-23	2,63E-01	

CHI CUADRADO-ESTACIONES								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0,46189	2,066	29,981	2,8666	6,2719	29,313	9,1568
2	9,27E-01		1,8153	24,737	2,6308	5,9347	24,846	9,8725
3	5,59E-01	6,12E-01		19,132	1,7586	4,9895	19,202	7,3936
4	1,39E-06	1,75E-05	2,57E-04		17,75	75,288	1,2151	84,88
5	4,13E-01	4,52E-01	6,24E-01	4,95E-04		16,065	17,361	20,574
6	9,91E-02	1,15E-01	1,73E-01	3,14E-16	1,10E-03		64,698	1,3371
7	1,93E-06	1,66E-05	2,48E-04	7,49E-01	5,96E-04	5,82E-14		72,708
8	2,73E-02	1,97E-02	6,04E-02	2,75E-18	1,29E-04	7,20E-01	1,12E-15	

Anexo 13. Valores de Chi2 y los respectivos valores de p para fosfatos con respecto a los meses de muestreo y a las estaciones.